FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

OF THE
AMERICAN MUSEUM
OF NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

5.06(493)B1
cv

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath. c. IV.

TOME SEPTIÈME.

BRUXELLES
A. VROMANT, IMP.-ÉDITEUR
rue de la Chapelle, 3.

PARIS
LIBRAIRIE
DE LA SOCIÉTÉ BIBLIOGRAPHIQUE
35, *rue de Grenelle.*

1880

21-85371 Aug.3

LES MOUVEMENTS MOLÉCULAIRES

Les phénomènes que nous devons décrire dans cet article n'auront pas uniquement, pour plusieurs de nos lecteurs, l'attrait de la nouveauté ; si l'interprétation simple et naturelle que tout porte à leur donner, parvient à s'établir solidement, il faudra leur reconnaître, au point de vue des théories de la physique moderne, une importance vraiment exceptionnelle. On sait, en effet, que les belles et fécondes théories qui donnent un caractère scientifique aux traités de la chaleur, de la lumière, de l'électricité, du magnétisme, de l'action chimique, etc., sont aujourd'hui si intimement liées à la théorie générale des atomes et des molécules, qu'il suffirait de s'inscrire en faux contre celle-ci, pour se mettre aussitôt en contradiction avec toutes les autres (1). On sait que cette théorie générale, dont les premiers fondements ont été jetés il y a cent vingt ans, n'a conquis définitivement cette vaste importance que dans notre siècle, grâce aux innombrables recherches des expérimentateurs et aux puissants calculs des mathématiciens. On sait enfin que les derniers grands progrès dans cette voie sont dus à la thermodynamique ; que cette science

(1) Voir *Revue des questions scientifiques*, avril 1877, pp. 512 et suiv. ; et juillet 1877, pp. 236 et suiv.

nouvelle, comme la plupart de celles qui l'ont précédée, n'a pas simplement résolu des problèmes posés avant sa naissance, mais en a posé de nouveaux ; et que, si la résolution des premiers a été une éclatante confirmation de la théorie générale, il en doit être de même des seconds. Eh bien ! c'est, nous semble-t-il, la résolution d'un de ces nouveaux problèmes que nous allons exposer.

Il résulte, en effet, de la théorie mécanique de la chaleur que tous les corps pondérables qui nous entourent, solides, liquides et gaz, malgré les apparences de repos et d'équilibre qu'ils offrent à nos sens, sont dans une vive et incessante agitation. On montre bien, il est vrai, que ce résultat théorique n'est pas contredit par l'expérience, parce que la nature oscillatoire des mouvements, leur extrême rapidité, leur étendue ordinairement infra-microscopique, et surtout les dimensions moléculaires des mobiles les soustraient à l'observation. Mais pourquoi n'essaierait-on pas de les rendre visibles malgré tous ces obstacles, soit en amplifiant les excursions, soit en les ralentissant, soit en groupant les mobiles? C'est là sans doute un problème difficile, mais puisqu'il n'est pas absolument impossible il ne peut pas être inabordable ; et puisqu'il doit en résulter une nouvelle démonstration de la thermodynamique, une nouvelle preuve de la théorie atomique, base de toute la physique moderne, ce problème est bien digne de tenter les physiciens.

On verra dans ces pages qu'il est en partie résolu. Les vibrations des corps solides échappent encore à l'observation ; mais les évolutions des molécules dans les liquides se révèlent aujourd'hui par des mouvements visibles, et leurs translations dans les gaz sont mises en évidence par des phénomènes tout nouveaux et fort variés. Commençons par celles-ci.

Elles apparaissent d'une manière évidente dans toute une

collection d'appareils dont vont s'enrichir nos cabinets de physique. C'est une variété de tubes à gaz raréfiés imaginés par M. William Crookes, membre de la Société royale de Londres. Ils sont donc frères du radiomètre ; et certainement ils partageront avec lui le privilège d'intéresser tout le monde, par l'étrangeté des phénomènes qu'ils réalisent et par les faits nombreux qu'ils livrent à la méditation des hommes de science.

C'est à l'Institution royale que le savant physicien offrit les prémices de ses recherches nouvelles, dans une lecture faite le 4 avril 1879 sur la *physique moléculaire dans le vide très complet*. Plus tard, le 22 août, il développa le même sujet, en le complétant et en l'accompagnant d'expériences plus nombreuses, devant les membres de l'Association britannique, réunis en congrès à Sheffield (1). Le texte de ces deux communications nous a fourni la matière de la première partie de cet article.

Elle roule tout entière sur des faits dont l'intelligence suppose présente à l'esprit la théorie de la constitution des gaz. Nous rappellerons donc brièvement cette théorie ; elle éclairera notre marche et aplanira les difficultés, en nous permettant de rattacher l'interprétation de ces phénomènes nouveaux à l'explication connue des mouvements du radiomètre.

Les caprices de ce petit appareil, on s'en souvient, déroutèrent plus d'un expérimentateur habile et d'un mathématicien distingué. Les théories, souvent ingénieuses et séduisantes, ne résistaient pas au choc de l'expérience : la veille encore satisfaisantes, elles étaient renversées par les observations du lendemain. C'est ainsi que l'action mécanique de la lumière, l'émission intermittente des gaz

(1) *On radiant matter*. A lecture delivered to the British Association for the advancement of science, at Sheffield, August 22, 1879, by William Crookes, F. R. S. — *La Revue scientifique*, 25 octobre 1879, et *Les Mondes*, n° du 13 novembre et suiv., ont donné une traduction de cette conférence; *Les Mondes*, nos des 7, 21 et 28 août 1879, ont aussi publié la lecture du 4 avril 1879.

condensés à la surface des ailettes, et vingt autres explications disparurent successivement.

Jusque-là on n'avait point eu l'idée de demander la clef du mystère aux molécules gazeuses que nos pompes pneumatiques les plus puissantes ne parviennent pas à extraire du globe de verre où se meut le moulinet. N'était-il pas étrange, en effet, de chercher la cause d'un mouvement mécanique là où il semble, à première vue, que l'on doive trouver uniquement un obstacle à ce mouvement? Et cependant, une expérience capitale, qui fut le point de départ de la théorie, vint montrer à l'évidence que le rôle du résidu gazeux n'était pas purement passif, comme on se l'était persuadé *à priori*, mais qu'il était tout à fait actif, et expliquait à lui seul la rotation du moulinet. Voici cette expérience : Lorsqu'on fait varier la pression à l'intérieur du globe du radiomètre, la rotation croît d'abord avec la raréfaction du gaz, mais elle décroît ensuite et s'arrête complètement si l'on pousse le vide assez loin.

Pour arriver à ce vide presque parfait, on épuise plusieurs fois de suite le globe du radiomètre au moyen de la pompe à mercure, en le remplissant toujours d'une même vapeur ou d'un même gaz ; et, après le dernier épuisement, on se débarrasse des restes de ce gaz ou de cette vapeur, en les faisant absorber *chimiquement* par une substance qui en est avide et qui forme avec eux un composé solide. On obtient ainsi un vide plus complet que l'on a nommé *vide chimique*. C'est ce procédé que M. Crookes a employé dans ses nouvelles recherches ; et qui lui a permis de pousser parfois la raréfaction jusqu'à un vingt-millionième d'atmosphère, c'est-à-dire à 0,00038 de millimètre de mercure.

Or, nous l'avons dit, dans le vide chimique le radiomètre ne tourne plus quoique en pleine lumière ; mais si on laisse rentrer un peu de gaz ou de vapeur dans le récipient, la rotation renaît. Donc, le mouvement du radiomètre est dû au résidu gazeux resté dans l'appareil.

Cette induction est souverainement probable ; mais quel

est le jeu de cette poussée mystérieuse? Quelle est l'énergie invisible, si l'on peut s'exprimer ainsi, qui se transforme et passe dans ce mouvement visible? La thermodynamique va nous l'apprendre, en nous révélant la constitution des gaz.

Tous les gaz, nous dit-elle, sont discontinus et composés de parties à peu près indépendantes les unes des autres. Ce principe, posé par D. Bernouilli dès 1733, avant toute idée sur la théorie mécanique de la chaleur, ne fut d'abord compris de personne et n'exerça aucune influence sur la marche de la science. Remis au jour par le chimiste anglais Herapath, en 1821, il ne fut directement démontré que par les expériences de Joule sur le travail intérieur dans les gaz, expériences confirmées plus tard par celles de Regnault sur les chaleurs spécifiques des fluides élastiques. Krœnig tira de ce principe, par voie de conséquence, une théorie de la constitution des gaz que Clausius formula plus rigoureusement. Aujourd'hui cette théorie semble définitivement acquise à la physique moléculaire ; c'est une des conquêtes de la thermodynamique les plus solidement établies sur les faits et les chiffres. Voici ses principaux traits (1).

De ce que les molécules d'un corps à l'état gazeux n'ont pas d'action sensible les unes sur les autres, on tire immédiatement une conséquence souverainement importante et parfaitement logique touchant la nature des mouvements moléculaires s'accomplissant au sein d'un gaz. Pour la mettre en lumière suivons dans le détail le phénomène de l'échauffement d'une masse gazeuse.

Pour cela, nous plaçons un petit cube de gaz à la pression ordinaire sous le coup d'un faisceau de chaleur rayonnante. Le gaz s'échauffe ; c'est-à-dire qu'il gagne une certaine quantité d'*énergie;* et nous voyons des yeux de

(1) Voir: Clausius, *Théorie mécanique de la chaleur*, trad. de l'allem. par F. Folie; surtout la seconde partie. — Verdet, *Théorie mécanique de la chaleur* (t. VII et VIII des Œuvres), t. I, pp. 75 et suiv. ; t. II, p. 1 et suiv.

l'esprit, les évolutions moléculaires qui sont l'expression physique de ce gain dynamique. Mais quelles peuvent être les évolutions de ces molécules qu'aucun lien ne rattache entre elles, et qui n'exercent d'action mutuelle qu'aux courts instants où le hasard les précipite les unes sur les autres? Ce sont évidemment des mouvements de translation, dont la trajectoire s'accomplit en ligne droite jusqu'au moment où, dans leur marche, deux molécules passent très près l'une de l'autre. Alors, pendant des temps très petits, leurs actions mutuelles s'exercent vivement; leurs mouvements s'infléchissent; il y a *choc* des deux molécules. La trajectoire de chacune d'elles est donc formée d'une série de lignes droites disposées en zigzag, les angles de ce zigzag étant remplacés par de petites courbes de raccordement.

Nous les appelons petites ces courbes; car, le calcul le montre, les portions infléchies de la trajectoire sont beaucoup moindres que les portions rectilignes comprises entre deux chocs; bien que celles-ci aient elles-mêmes, sous la pression ordinaire, des longueurs tellement réduites qu'elles échappent à notre imagination. Toutefois, il nous est possible de les allonger; car il est bien clair que la théorie que nous venons d'esquisser s'applique d'autant plus exactement aux gaz qu'ils sont plus raréfiés. Donnons donc carrière à ces projectiles infiniment petits; mettons-les à l'aise en diminuant leur nombre et, par conséquent, en diminuant les chances de rencontre. Les portions rectilignes de leur trajectoire grandissent, leur *chemin moyen libre* augmente: voici qu'il atteint les dimensions du récipient. A ce moment les chocs entre molécules sont devenus très rares, elles ne rebondissent plus guère que contre les parois de leur prison.

Ces bombes moléculaires, grâce à la vitesse prodigieuse dont elles sont animées, possèdent une quantité de force vive très considérable, puisée en partie dans les radiations qui traversent l'appareil. Ne pourrions-nous pas récolter

cette énergie en circulation dans un rayon de chaleur, l'utiliser comme on utilise le travail emmagasiné dans une chute d'eau, la transformer et la faire passer dans un mouvement visible?

C'est précisément ce que fait le radiomètre.

Les faces opposées de ses ailettes sont, vu leur nature ou leur couleur, inégalement absorbantes. Elles éteignent donc inégalement les mouvements que nous nommons lumière et chaleur rayonnante; c'est-à-dire qu'elles s'emparent inégalement de cette énergie en marche pour la transformer, à leur profit, en vibrations calorifiques. Voilà donc, en d'autres termes, les faces opposées inégalement échauffées. Cela suffit pour que les molécules du résidu gazeux, rencontrant, dans leurs courses rectilignes, les faces les plus chaudes, en reçoivent un surcroît de force vive plus considérable que celui qu'elles trouvent sur les faces moins chaudes. Cet excès d'énergie provoque une réaction égale et contraire qui a son point d'application sur les ailettes, et, vu le peu de résistance de l'air raréfié contenu dans la boule, pousse le moulinet les faces moins chaudes en avant. Les molécules qui viennent d'agir sur les ailettes continuent leur voyage en zigzag et vont épuiser, dans des chocs contre des molécules éloignées ou contre les parois du récipient, l'excès de force vive dont elles sont douées.

Qu'on veuille bien se reporter à l'expérience rappelée plus haut et qui nous a acheminés vers cette explication des mouvements du radiomètre; et l'on verra qu'elle s'interprète d'elle-même. Sans doute, l'explication que nous venons de rappeler se heurte encore çà et là à des anomalies. Mais l'avenir les fera très probablement disparaître; car, évidemment, la *cause* du mouvement est maintenant connue. Quand l'attraction newtonienne livra pour la première fois le secret des révolutions sidérales, elle laissait aussi inexpliquées bien des perturbations et des inégalités que les progrès de la mécanique céleste ont fait rentrer dans l'ordre.

Passons aux nouvelles recherches de M. Crookes; elles unissent à plus de variété et d'éclat une importance théorique plus grande. Car elles ne sont pas seulement, comme la rotation du radiomètre, une confirmation de vérités connues, elles ouvrent encore à l'esprit des horizons nouveaux dans le domaine mystérieux des forces de la nature.

Ce n'est plus, en effet, aux radiations lumineuses ou calorifiques que M. Crookes demande l'énergie mécanique qu'il dépense dans ses expériences ; c'est à un agent physique bien moins connu, à l'électricité. Ce n'est plus seulement un mouvement de rotation qu'il réalise, mais un ensemble de phénomènes variés, plus curieux les uns que les autres, et qui nous font connaitre successivement les principales propriétés de la « matière rayonnante » *(radiant matter)*.

La matière rayonnante, hâtons-nous de le dire, n'est point un fluide inconnu auquel notre ignorance donne un nom pompeux ; ce n'est pas même un terme nouveau, car Faraday le donnait déjà pour titre, en 1816, à l'une de ses leçons sur les propriétés générales de la matière : *On Radiant Matter*.

M. Crookes extrait de cette leçon une note très curieuse. C'est la phrase où le mot de matière rayonnante se présente très probablement pour la première fois dans la littérature scientifique. Il y joint d'autres citations de Faraday qui ont trait au même sujet. Dans ces différents passages on trouve une vérité pressentie qui ne s'épanouit pas complètement, parce qu'elle vient avant l'heure; mais qui n'en est pas moins marquée au coin du génie. La date relativement ancienne de ces passages, l'intérêt que leur donne le nom de Faraday et l'actualité que leur rendent les découvertes de M. Crookes, nous ont engagé à les traduire ici.

« Si nous imaginons, dit Faraday, un changement d'état de la matière aussi éloigné de la vaporisation que celle-ci l'est de la liquéfaction , en ne perdant pas de vue que le

degré d'altération dans ces changements d'état, croît à mesure que ceux-ci s'élèvent davantage; nous arriverons peut-être, si toutefois nous pouvons nous en former une idée quelconque, à concevoir à peu près la matière rayonnante; et de même que, dans l'évaporation, la matière perd de ses propriétés, elle en perdrait également et en beaucoup plus grand nombre dans cette dernière transformation (1). »

Faraday revint trois ans plus tard sur ces mêmes idées. Il s'efforça de démontrer, non pas expérimentalement, mais par des raisonnements ingénieux, l'existence probable de la matière rayonnante. Après avoir parlé des différents états de la matière et de leurs caractères spéciaux : « Je ferai maintenant remarquer, poursuit-il, dans les propriétés physiques propres à chacun des changements d'état de la matière, une progression curieuse ; peut-être cette observation suffira-t-elle pour faire naître dans l'esprit du penseur inventif et hardi, une conviction bien fondée qu'il faut ajouter l'état rayonnant à ceux qui forment la série des transformations successives que j'ai mentionnées.

» A mesure que nous nous élevons de l'état solide à l'état liquide, puis à l'état gazeux, les propriétés physiques de la matière diminuent en nombre et en variété ; dans chacun de ces états, on voit se perdre quelques-uns des caractères que possédait l'état précédent. Lorsque les corps solides sont liquéfiés, tous leurs différents degrés de dureté et de mollesse s'effacent nécessairement. Leur structure cristalline et leurs formes diverses disparaissent. L'opacité et la couleur font souvent place à une transparence incolore ; et la mobilité est acquise à toutes les particules.

(1) If we conceive a change as far beyond vaporisation as that is above fluidity, and then take into account also the proportional increased extent of alteration as the changes rise, we shall perhaps, if we can form any conception at all, not fall far short of Radiant Matter ; and as in the last conversion many qualities were lost, so here also many more would disappear. *Life and Letters of Faraday*, by Dr Bence Jones.

» Plus haut, dans l'état gazeux, un plus grand nombre encore de caractères évidents que possédaient les corps sont anéantis. Les différences énormes qu'on remarquait entre leurs poids ont presque disparu ; les teintes propres qu'ils avaient conservées se perdent. La transparence devient universelle et ils sont tous élastiques. Ils ne forment plus qu'une série de substances où les différences de densité, de dureté, d'opacité, de couleur, d'élasticité et de forme, qui rendent le nombre des solides et des liquides presque infini, sont remplacées par quelques faibles différences de poids et par quelques teintes propres sans importance.

» Ainsi donc, pour ceux qui admettent l'état rayonnant de la matière, il n'y a aucune difficulté dans la simplicité des propriétés que présente cet état, mais bien plutôt un argument favorable. Ceux-là vous montrent que la matière perd visiblement de ses propriétés à mesure qu'elle s'élève dans l'échelle des formes et ils trouveraient étrange que ce fait constant s'arrêtât précisément à l'état gazeux. Ils font voir que la nature fait des efforts croissants à chaque degré des changements d'état ; et ils jugent, par voie de conséquence, que ces efforts doivent être grands surtout dans le passage de l'état gazeux à l'état rayonnant (1). »

(1) I may now notice a curious progression in physical properties accompanying changes of form, and which is perhaps sufficient to induce, in the inventive and sanguine philosopher, a considerable degree of belief in the association of the radiant form with the others in the set of changes I have mentioned.

As we ascend from the solid to the fluid and gaseous states, physical properties diminish in number and variety, each state losing some of those which belonged to the preceding state. When solids are converted into fluids, all the varieties of hardness and softness are necessarily lost. Crystalline and other shapes are destroyed. Opacity and colour frequently give way to a colourless transparency, and a general mobility of particles is conferred.

Passing onward to the gaseous state, still more of the evident characters of bodies are annihilated. The immense differences in their weight almost disappear; the remains of difference in colour that were left, are lost. Transparency becomes universal, and they are all elastic. They now form but one set of substances, and the varieties of density, hardness, opacity, colour, elasticity and form, which render the number of solids and fluids almost infinite,

En résumé donc, la matière rayonnante c'est la matière pondérable dans son dernier état de désagrégation moléculaire et d'expansion ; c'est le résidu gazeux qui s'épanouit dans le globe du radiomètre après de suprêmes efforts pour réaliser le vide absolu ; c'est ce que Clausius appelle un *gaz parfait* auquel la théorie rappelée plus haut est éminemment applicable. Étudions ses propriétés avec les appareils de M. Crookes.

Voici un tube (fig. 1) où l'on a réalisé le vide chimique,

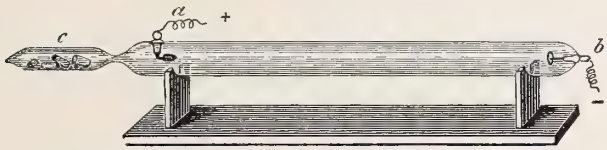

Fig. 1.

au moyen de la vapeur d'eau, aussi complètement que possible. Aux deux extrémités *a* et *b* sont les deux pôles d'une bobine d'induction ; une petite chambre *c* réunie au tube principal par un orifice étroit, contient de la potasse caustique qui a absorbé les dernières traces de vapeur d'eau. Le vide est complet à ce point que le courant ne passe pas.

Cette non-conductibilité électrique du vide est un fait d'observation connu depuis longtemps (1) et que MM. War-

are now supplied by a few slight variations in weight, and some unimportant shades of colour.

To those, therefore, who admit the radiant form of matter, no difficulty exists in the simplicity of the properties it possesses, but rather an argument in their favour. These persons show you a gradual resignation of properties in the matter we can appreciate as the matter ascends in the scale of forms, and they would be surprised if that effect were to cease at the gaseous state. They point out the greater exertions which Nature makes at each step of the change, and think that, consistently, it ought to be greatest in the passage from the gaseous to the radiant form. — *Life and Letters of Faraday*, vol. I, p. 308.

(1) M. Crookes cite à ce sujet quelques extraits d'un mémoire de Morgan, *Electrical experiments made to ascertain the non-conducting power of a perfect vacuum ; Phil. Trans* for 1785, vol. LXXV, p. 272.

ren de la Rue et Hugo W. Müller ont mis récemment en lumière par leurs savantes recherches sur *la décharge électrique dans les tubes contenant des gaz raréfiés* (1). « A mesure que la pression diminue, la force électromotrice nécessaire pour faire passer un courant diminue d'abord pour augmenter ensuite jusqu'à ce que le gaz se trouve à une pression pour laquelle aucune force électromotrice n'est capable de produire une décharge à travers le résidu. » Pour ne citer qu'un seul fait, ces savants ont réalisé le vide chimique à un degré de perfection tel que la décharge de 11 000 éléments de la pile à chlorure d'argent, était arrêtée d'une manière absolue.

Si nous voulons livrer passage au courant, il faudra chauffer la potasse afin de mettre en liberté une trace de vapeur d'eau. Alors la décharge se produit et une phosphorescence verte recouvre toute la surface interne du tube. Continuons à chauffer la potasse. Une nouvelle quantité de vapeur d'eau se dégage ; la phosphorescence diminue ; une lueur nuageuse apparaît bientôt à l'intérieur du tube et des strates se forment. Elles se rapprochent de plus en plus les unes des autres jusqu'à ce que le courant traverse le tube sous la forme d'un mince filet continu de lumière pourpre.

Éloignons maintenant la source de chaleur, et laissons la potasse absorber de nouveau la vapeur d'eau. Les mêmes phénomènes se reproduisent en ordre inverse : la ligne pourpre s'élargit, se résout en fines stratifications ; celles-ci se séparent de plus en plus et marchent vers le tube à la potasse. Bientôt, à l'autre extrémité du tube, la phosphorescence apparaît et chasse devant elle les dernières strates. Puis elle faiblit peu à peu et s'éteint tout à fait quand le vide est redevenu isolant.

(1) *Phil. Trans. of the R. S. of London*, part. I, vol. 169, p. 155. — *Ann. de chimie et de phys.*, 5e série, t. XV (novembre 1878). — *Comptes rendus*, t. LXXXVI (1878), p. 1072. — On trouvera dans cette *Revue*, t. IV, p. 310, les conclusions de ce mémoire.

Voilà bien des faits dans une seule expérience. Nous allons les aborder en détail à l'aide d'appareils spéciaux, disposés de manière à faire ressortir les points culminants du phénomène.

Prenons un tube (fig. 2) dont le pôle négatif soit un disque métallique placé au milieu et transversalement. Aux deux extrémités fixons deux pôles positifs reliés ensemble par un fil conducteur. Cet appareil nous permet de rendre bien net un phénomène observé depuis longtemps dans les tubes suffisamment vides. Pendant que le courant d'une bobine d'induction traverse le gaz raréfié, le pôle *négatif* est plongé dans l'obscurité ; et cet espace sombre, terminé par un bourrelet lumineux, s'élargit ou se rétrécit suivant que l'on rend le vide plus ou moins parfait.

Y aurait-il peut-être une action répulsive exercée par le pôle négatif sur les molécules du résidu gazeux? Nous pouvons nous en assurer aisément.

Si le pôle négatif est le siège d'une pareille répulsion, il doit être le point d'application d'une réaction égale et

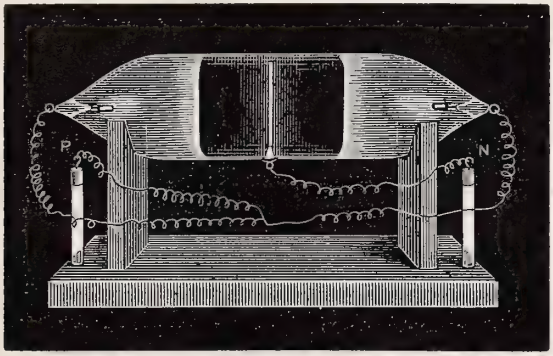

Fig. 2.

contraire de la part des molécules repoussées, et l'on pourra le constater au moyen d'un moulinet électrique (fig. 3), dont les ailettes d'aluminium sont recouvertes sur une des faces d'une lame de mica. Ce moulinet est supporté par une

coupe en acier trempé ; et un fil de platine scellé dans le verre communique avec l'aiguille qui sert de pivot. Un second fil de platine est soudé à la partie supérieure du

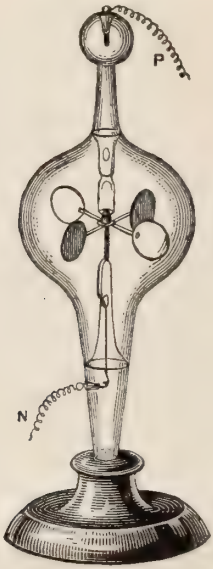

Fig. 3.

récipient. Nous pouvons par conséquent réunir le radiomètre à une bobine d'induction en faisant du moulinet lui-même le pôle négatif. Qu'arrive-t-il?

Dès que la pression du résidu gazeux est réduite à quelques millimètres, un halo d'un violet velouté se montre sur la face métallique des ailettes, le mica restant obscur. On diminue la pression, et voici qu'une mince tranche obscure se place entre le métal et le halo violet. Elle s'élargit graduellement à mesure que la raréfaction augmente. Bientôt elle s'étend jusqu'aux parois du récipient et la rotation du moulinet commence, les lames de mica en avant. Si l'on continue à faire le vide, la région obscure semble s'aplatir contre le verre (*appears to flatten itself against the glass*), et la rotation devient très rapide. Plus de doute donc, les

molécules du résidu gazeux sont tout particulièrement repoussées par le pôle négatif.

Cette action prépondérante du pôle négatif a été signalée aussi par MM. Warren de la Rue et Hugo W. Müller. « La décharge dans un tube à gaz raréfié, disent-ils (1), ne diffère pas de celle qui a lieu dans l'air ou les autres gaz à la pression atmosphérique ; elle n'est pas un courant dans l'acception ordinaire de ce terme, mais une décharge disruptive, les molécules des gaz effectuant un transport de l'électrisation. Les gaz reçoivent selon toute probabilité deux impulsions en sens contraires, *celle qui émane de l'électrode négative étant plus continue.* »

Tous les faits que nous venons de décrire trouvent une interprétation naturelle dans la théorie de la constitution des gaz ; et l'on ne peut guère se refuser à admettre la conclusion qu'en tire M. Crookes : L'épaisseur de cet espace obscur qui entoure le pôle négatif, mesure le *chemin moyen libre* entre deux collisions successives des molécules gazeuses. Grâce à l'excès de vitesse avec lequel les molécules électrisées négativement sont repoussées par le pôle négatif, les autres molécules, animées de vitesses moindres, et qui se dirigent vers ce pôle, sont puissamment refoulées. Un choc a lieu à la limite de l'espace obscur, et la bordure lumineuse de cet espace en est le résultat.

Serait-il téméraire d'étendre cette conclusion à l'explication des strates ?

Le brillant phénomène de la stratification produite par les décharges électriques dans des tubes à gaz raréfié, fut signalé pour la première fois par Abria, en 1843 (2) ; puis observé d'nne manière tout à fait indépendante par sir William Grove, en 1852. On l'attribue généralement à des fluctuations du courant. De fait, on peut toujours observer, d'après MM. Warren de la Rue et H. W. Müller,

(1) Mém. cité. *Ann. de chim. et de ph.*, t. XV (1878), p. 317.
(2) *Ann. de chim. et de phys*, t. VII, p. 447.

des *pulsations* dans le courant; « mais il n'est pas prouvé, ajoutent-ils, que les strates dépendent de ces intermittences. » Ces mêmes savants, qui ont observé avec le plus grand soin et sous une variété de formes infinie, la naissance et le développement des strates, s'étaient réservé d'en donner une explication nouvelle. « Nous ne voulons, disaient-ils à la fin de leur mémoire, émettre pour le moment aucune idée théorique sur les stratifications, dans l'espoir que nous pourrons confirmer par expérience les vues que nous concevons sur la cause de ce phénomène. » Nous croyons que cette théorie n'a point encore été publiée.

Quoi qu'il en soit, la plupart des faits observés nous semblent s'harmoniser parfaitement avec l'hypothèse que nous suggérions tantôt; on nous permettra de la préciser. Les strates seraient les régions des rencontres moléculaires; il y aurait des strates de lumière et des strates de chaleur obscure, suivant l'intensité des chocs et de la décharge; l'espace compris entre deux strates, lumineuses ou calorifiques, mesurerait le chemin moyen libre des molécules.

Toutefois, en appliquant ces idées aux observations recueillies par les physiciens, il ne faut point perdre de vue que les molécules du résidu gazeux étant électrisées, leurs actions mutuelles, quand elles passent dans le voisinage l'une de l'autre, sont puissamment modifiées. Les courbes de raccordement des portions rectilignes de leurs trajectoires s'infléchissent plus brusquement et le chemin moyen libre est probablement raccourci. Le phénomène de la stratification dépendra donc de la charge électrique et des étranglements du tube qui forcent les molécules à se rapprocher. Revenons aux observations.

Il est donc bien constaté que les molécules du résidu gazeux sont repoussées par le pôle négatif. Varions la forme de ce pôle pour voir si cette répulsion est normale à sa surface. Que ce soit, par exemple (fig. 4) un demi-cylindre d'aluminium poli *a* soutenu par une tige de verre et mis en communication, par un fil fin de cuivre *b*, avec un fil de

platine *c* soudé dans la paroi. Un autre fil *d* dont le tube est muni à sa partie supérieure servira de pôle positif.

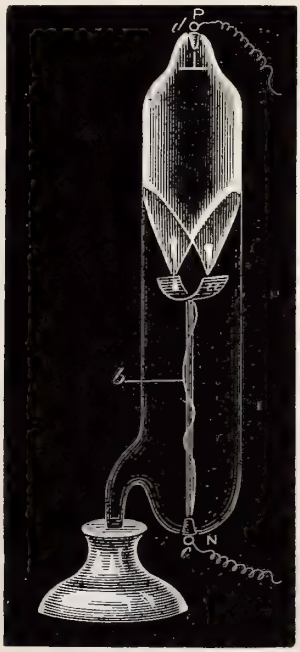

Fig. 4.

Lorsque le vide est suffisant, les molécules, si elles sont repoussées normalement, doivent se croiser sur l'axe du demi-cylindre, continuer ensuite leur marche rectiligne en divergeant, et découper sur les parois du tube une plage phosphorescente terminée par deux demi-ellipses. C'est précisément ce que l'on observe ; et toutes les formes données au pôle négatif conduisent à la même conclusion : *Les molécules repoussées par ce pôle prennent une direction normale à sa surface.*

Mais voici qui est plus étrange. La matière rayonnante, projetée par le pôle négatif normalement à sa surface, voyage en ligne droite et refuse absolument de tourner un angle *(absolutely refuses to turn a corner)*.

Prenons un tube en forme de V (fig. 5), muni de deux fils scellés à ses extrémités. Si nous réunissons le pôle négatif *a* à la branche de droite, cette branche est toute entière phosphorescente; mais la lumière s'arrête brusquement au coude du tube et laisse la branche de gauche complètement obscure. Renversons le sens du courant : la lumière suit le pôle négatif, c'est la branche de droite qui est actuellement obscure. Sans trop préjuger de la cause de la phosphorescence, dans les tubes à gaz très raréfié, ne peut-on pas croire que la matière rayonnante, projetée normalement par le pôle négatif, *frotte* contre les parois de la branche qui correspond à ce pôle? Ce frottement n'use-t-il pas peut-être la force vive des molécules en la transformant en chaleur et lumière? Le coude du tube absorberait presque toute cette force vive, et, par suite, mettrait

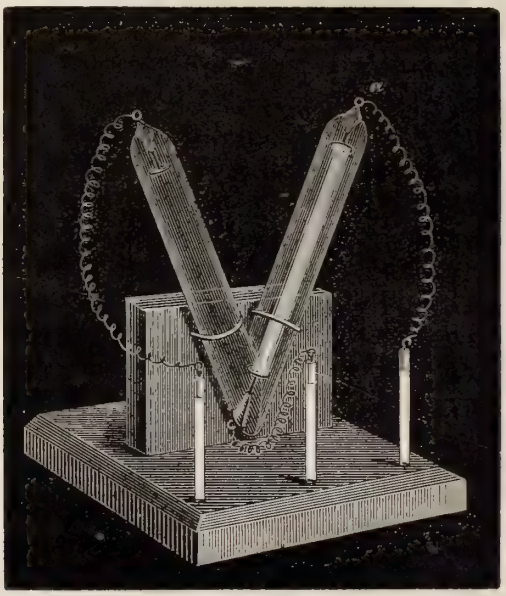

Fig. 5.

obstacle à la continuité du phénomène. Ce qui est certain, c'est que cette expérience nous fait voir clairement l'in-

fluence prépondérante du pôle négatif dans le vide. Le phénomène suivant nous la montre mieux encore.

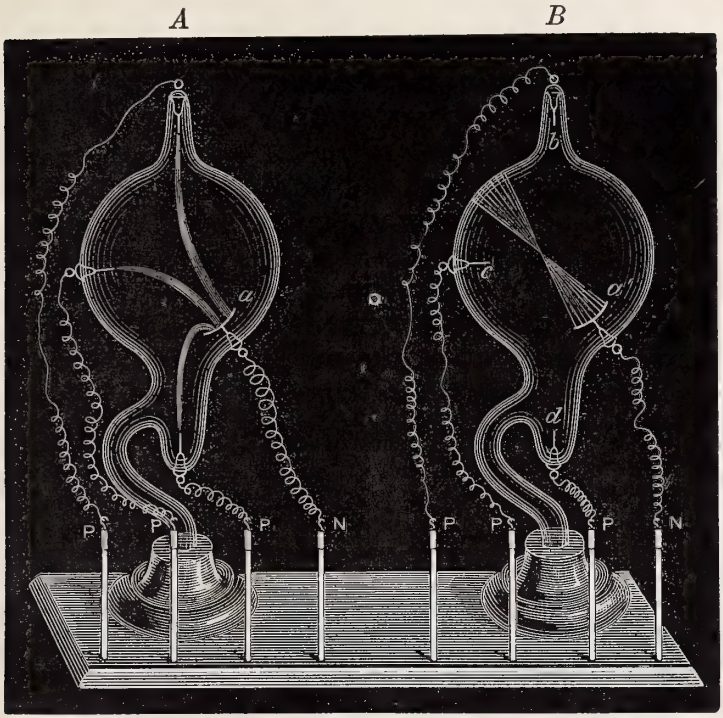

Fig. 6.

Imaginons (fig. 6) deux boules de verre A et B parfaitement semblables ; la forme est la même et la position des fils scellés qui doivent servir de pôles est identique. Ces fils sont au nombre de quatre dans chacune des boules. Dans la première, A, la pression est réduite à quelques millimètres de mercure, comme dans les tubes ordinaires de Geissler ; dans la seconde, B, au contraire, le vide a été poussé jusqu'à un millionième d'atmosphère (0,00076 de millimètre de mercure). Si nous expérimentons avec la première boule, en laissant toujours le pôle négatif au même endroit, en *a*, et en mettant le pôle positif en contact

successivement avec les trois autres fils, nous voyons la bande de lumière violette, qui accuse le passage du courant, varier de position quand on change le pôle positif; elle s'étale toujours entre les deux pôles simultanément en activité et semble un pont jeté de l'un à l'autre. Il n'en est plus ainsi quand nous opérons avec la seconde boule B. Une fois le pôle négatif fixé, les molécules gazeuses sont repoussées normalement à sa surface *quel que soit celui des trois autres fils que l'on choisisse comme pôle positif*. Le pôle négatif est ici une calotte sphérique *a* dont le centre coïncide avec celui de la boule.

La matière rayonnante est projetée suivant des trajectoires rectilignes qui se croisent toutes au centre, divergent ensuite et donnent naissance, sur la paroi opposée de la boule, à une tache circulaire de lumière phosphorescente. Eh bien, quelle que soit la position du pôle positif, qu'il soit en *b*, en *c* ou en *d*, cette tache verte conserve invariablement sa place et son intensité.

Cette belle expérience nous semble de plus indiquer clairement qu'il faut voir, dans un tube à gaz raréfié traversé par la décharge électrique, deux phénomènes bien distincts: un courant, quelle que soit la réalité physique que recouvre ce nom, allant d'un pôle à l'autre; et un transport de matières électrisées, projetées par le pôle négatif, normalement à sa surface. Cette distinction nous

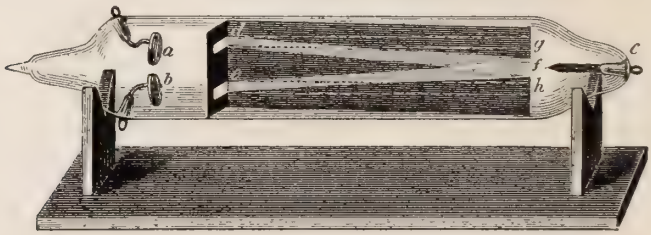

Fig. 7.

paraît devenir nécessaire si l'on veut interpréter les résultats, en apparence contradictoires, des expériences suivantes.

Nous allons faire passer simultanément deux décharges électriques dans un même tube (fig. 7). Pour cela, à l'une des extrémités de ce tube nous disposons deux pôles négatifs indépendants *a* et *b*, à l'autre extrémité se trouve un seul pôle positif *c*. En face des pôles négatifs se dresse un écran transversal, percé de deux ouvertures *d* et *e* en regard de ces pôles, pour livrer passage à la matière rayonnante. Si ces deux jets moléculaires constituaient réellement deux courants électriques, comme ils marchent parallèlement et dans le même sens, ils devraient, d'après les lois d'Ampère, tendre à se rapprocher l'un de l'autre. Au contraire, une répulsion réciproque nous manifesterait la présence de deux traînées de molécules électrisées.

Or, c'est ce dernier phénomène qui se produit. On le rend visible en plaçant, à l'intérieur du tube et dans le sens de sa longueur, un écran phosphorescent *degh*. Quand le courant passe, les deux jets de matière rayonnante qui partent des pôles négatifs font apparaître sur cet écran deux bandes lumineuses ; ce sont les trajectoires qu'ils suivent dans le tube. Après avoir constaté les positions *df*, *ef* que prend chacune d'elles quand le jet qui la provoque traverse seul le tube, on les voit s'écarter l'une de l'autre et prendre les positions *dg*, *eh* quand on lance les deux décharges à la fois. Nous pouvons donc légitimement conclure qu'il y a là transport de matières électrisées. Mais n'y a-t-il que cela? Évidemment non. Il y a de plus deux *courants* parallèles et de même sens ; s'attirant par conséquent. Si cette attraction ne se manifeste pas dans l'expérience que nous venons de décrire, c'est qu'elle est voilée, ou pour mieux dire neutralisée et au delà, par la répulsion plus énergique des deux traînées de molécules électrisées, qui existent concurremment et qui sont comme les conducteurs de ces courants. Ce que nous voyons c'est donc l'action de la résultante de ces deux forces opposées et inégales. Quant à l'existence des courants proprement dits, elle se manifeste clairement, nous semble-t-il, par la

manière dont les aimants agissent sur les traînées de matière rayonnante.

Étudions d'abord cette action sur un tube (fig. 8) où la

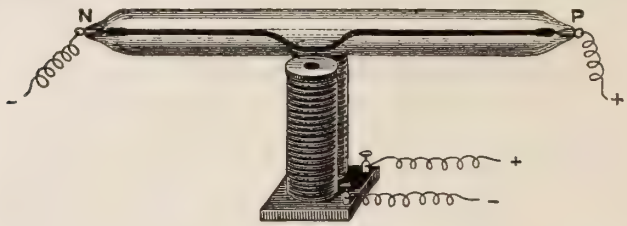

Fig. 8.

raréfaction n'a pas été poussée très loin. Dans ce cas, nous le savons, l'étincelle passe sous la forme d'une ligne de lumière violette, réunissant les deux pôles ; sous l'action d'un aimant en fer à cheval, mis en contact avec le tube, cette ligne lumineuse, droite en quittant le pôle négatif, s'infléchit brusquement en regard de l'aimant ; mais elle se redresse au delà et va se raccorder au pôle positif. Si nous promenons l'aimant le long du tube, la sinuosité le suit et la lumière violette semble ondoyer comme une tige flexible. Tournons l'aimant de 180°, de façon que le pôle nord occupe maintenant la place qu'occupait tantôt le pôle sud, et réciproquement. L'action qui faisait dévier la ligne lumi-

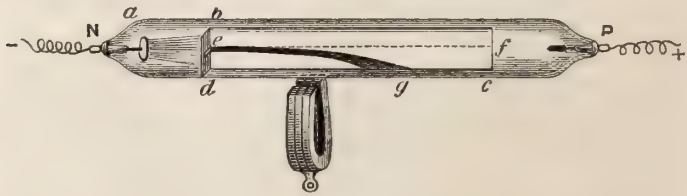

Fig. 9.

neuse a changé de sens ; c'est-à-dire que si elle était attractive dans la première position de l'aimant elle est répulsive dans la seconde ; en face de l'aimant, une courbe convexe de lumière remplace la courbe concave de la première ex-

périence. Il n'y a probablement dans tout cela aucun mystère, les lois qui régissent l'action des aimants sur les *courants* étant parfaitement respectées. Nous concluons donc naturellement à l'existence d'un courant dans ce tube à gaz peu raréfié.

Mais poussons la raréfaction beaucoup plus loin.

Voici un tube (fig. 9) où le vide est très complet. En face du pôle négatif *a* se dresse un petit écran transversal *bd*, percé d'une ouverture *e* ; au delà et dans le sens de la plus grande dimension du tube s'étend un second écran allongé *bdf*. Lorsque le courant passe, une ligne de lumière phosphorescente se dessine d'un bout à l'autre sur l'écran longitudinal. Si alors on approche un fort aimant en fer à cheval, on voit cette traînée de lumière *eg* s'infléchir comme une lame flexible et au lieu de se redresser ensuite pour aller rejoindre le pôle positif elle se termine brusquement à la paroi du tube que sa courbure rencontre. On dirait le sillon lumineux que laisse après lui un projectile en feu lancé horizontalement et décrivant une trajectoire courbe sous l'action attractive de la terre. Cette comparaison est de M. Crookes ; elle peint parfaitement le phénomène. On peut même la pousser plus loin.

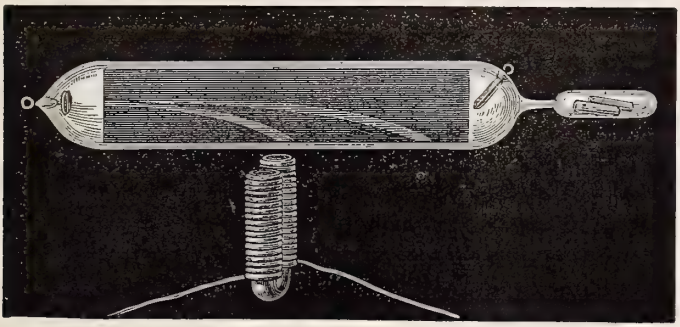

Fig. 10.

Soudons au tube dont nous venons de nous servir (fig. 10) une petite chambre contenant de la potasse caustique que

nous chaufferons, pour mettre en liberté quelques traces de vapeur d'eau quand nous voudrons diminuer légèrement la raréfaction à l'intérieur de l'appareil. Eh bien ! à me-

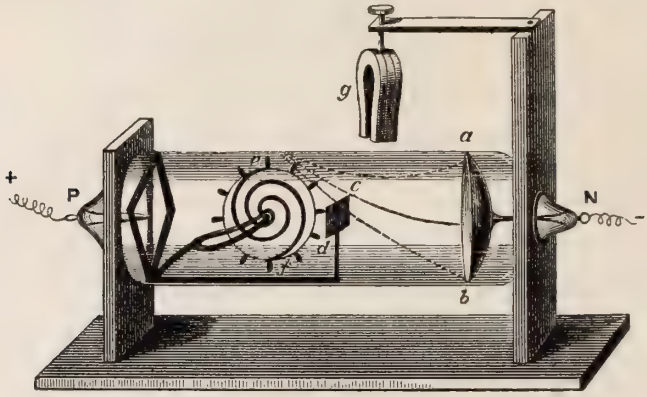

Fig. 11.

sure que la vapeur d'eau se dégage et que, par conséquent, la pression augmente dans le tube, les bombes moléculaires, lancées par le pôle négatif, se comportent comme les boulets de nos canons quand ils traversent des milieux plus résistants : elles décrivent, sous l'action attractive de l'aimant, des trajectoires plus infléchies ; leurs coups portent moins loin.

Permutons maintenant les positions des pôles de l'aimant en le faisant tourner sur lui-même de 180° : il n'attire plus, il repousse ; la bande phosphorescente se recourbe vers le haut. L'aimant agit donc sur cette traînée lumineuse, qui n'est que le chemin du jet moléculaire rendu visible, comme il agirait sur un conducteur traversé par un courant électrique. Cette action tantôt attractive, tantôt répulsive de l'aimant est rendue plus évidente encore au moyen d'un appareil ingénieux qui va nous introduire dans une série nouvelle d'expériences intéressantes.

Un tube de verre suffisamment large (fig. 11), posé horizontalement, contient une petite roue à palettes très mo-

bile *ef*. Le plan de cette roue est orienté dans le sens de la longueur du tube, de sorte que, l'axe du tube et celui de la roue étant perpendiculaires, les palettes reçoivent le choc des molécules repoussées par le pôle négatif *ab* fixé à l'une des extrémités. Un petit écran *cd*, dressé transversalement entre ce pôle et la roue, arrête la partie centrale du jet. Dans ces conditions, au moment de la décharge, les palettes sont rencontrées à la fois au-dessus et au-dessous du petit écran par le gaz en mouvement, et la roue ne tourne pas. Mais si nous approchons un aimant *g* en fer à cheval, le courant est dévié : il est attiré ou repoussé, suivant l'orientation des pôles. Nous pouvons ainsi diriger le flux gazeux sur le disque à palettes comme on dirige un courant d'eau sur un moulin ; et il tourne, à notre gré, comme une roue de dessus ou comme une roue de dessous. Un aimant en fer à cheval attire donc ou repousse, suivant son orientation, la matière rayonnante qui traverse un tube à gaz très raréfié. Il y a donc là autre chose qu'un transport de matières électrisées, il y a encore un véritable courant.

Cette dernière expérience est intéressante à plus d'un titre ; elle nous fait *voir*, pour ainsi dire, le mouvement de translation des molécules gazeuses dans la rotation de la

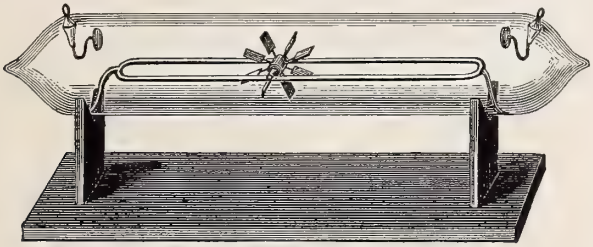

Fig. 12.

roue qui en est la conséquence immédiate. M. Crookes réalise ce phénomène de différentes manières.

Tantôt, le jet gazeux est lancé horizontalement (fig. 12) et reçu sur les palettes supérieures d'une roue dont l'axe

repose sur deux rails horizontaux en verre; la roue se transporte en tournant sur son axe. Tantôt le mouvement

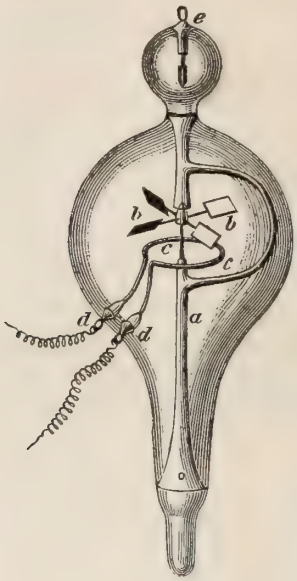

Fig. 13.

que l'on voit et qui révèle celui qu'on ne voit pas, est la rotation continue d'un radiomètre (fig. 13) dont les ailettes en mica *b* sont inclinées de 45° sur l'horizon. Un fil fin de platine *c* contourné en anneau est placé sous le moulinet et sert de pôle négatif; le pôle positif *e* est à la partie supérieure du globe de verre. Le courant passe; les molécules gazeuses sont violemment projetées de bas en haut et viennent butter contre les palettes. Là leur force vive est décomposée, et en partie employée à faire tourner le moulinet. Ce dernier appareil permet de réaliser un autre expérience. Au lieu de faire de l'anneau de platine le pôle négatif, on l'introduit dans un circuit en rattachant ses deux extrémités *d d* aux pôles d'une petite pile; et l'on supprime toute communication avec la bobine d'induction. Le fil de platine est bientôt porté au rouge par le courant qui le traverse; et,

la chaleur agissant ici comme l'électricité, le moulinet se met à tourner aussi rapidement que tantôt.

Certes, ce sont là de magnifiques expériences, montrant bien les mouvements de ces mobiles dont l'infinie petitesse échappe à nos regards. Mais la matière rayonnante peut nous donner autre chose encore que du mouvement visible ; sa force vive doit pouvoir échauffer les corps et les rendre lumineux; car la chaleur et la lumière ne sont bien certainement que des modes de mouvement. Et en effet M. Crookes a construit des appareils qui accomplissent parfaitement ces deux transformations.

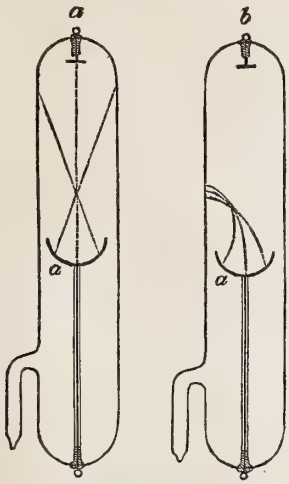

Fig. 14.

Dans le cours de ses recherches, il remarqua que les tubes à gaz très raréfié s'échauffent fortement, surtout dans le cas de vive phosphorescence. MM. Warren de la Rue et H. W. Müller avaient déjà fait une observation semblable. Voici en quels termes ils la précisent dans leur mémoire. « Le dégagement de chaleur est maximum au voisinage des strates. On observe très bien cette circonstance dans les tubes qui ne renferment qu'une strate ou un petit nom-

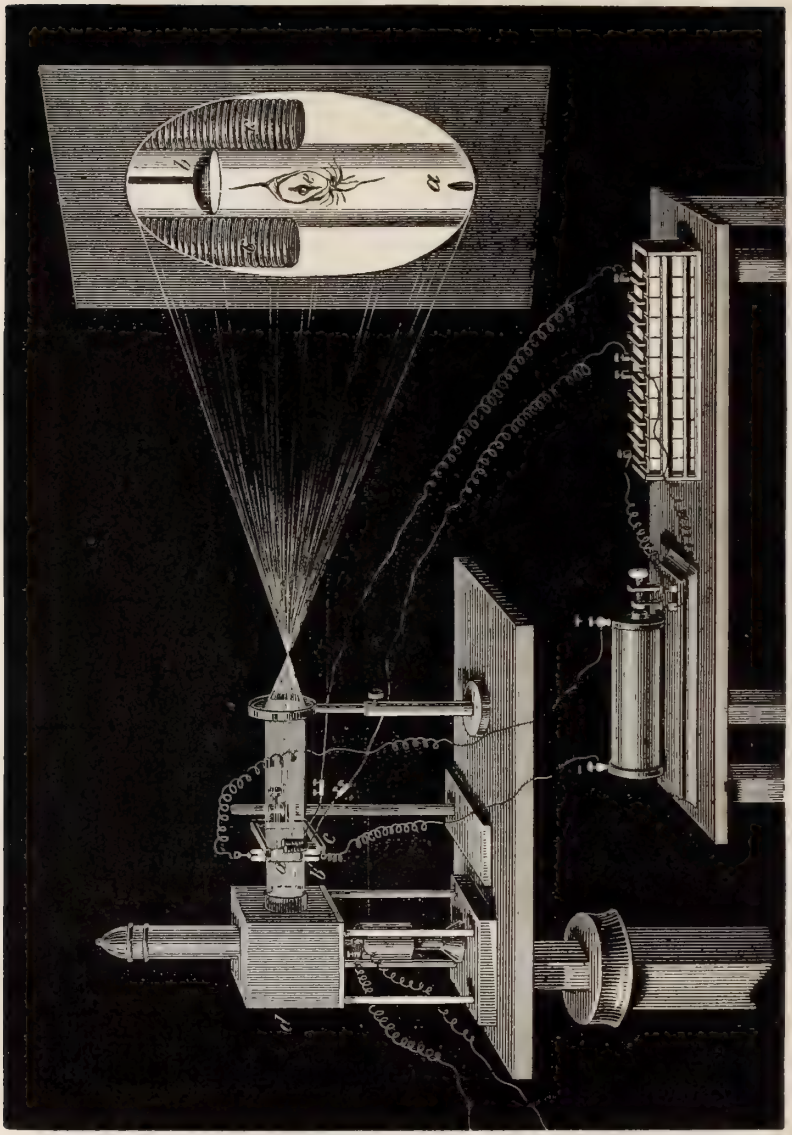

Fig. 15.

bre de strates séparées par de larges intervalles. Il y a lieu de croire qu'il existe aussi des strates dans la décharge obs-

Fig. 16.

cure, car nous avons constaté un développement de chaleur au milieu d'un tube dont les extrémités seules étaient illuminées. » Remarquons en passant que chacun de ces détails, et en particulier l'existence des strates de chaleur obscure, s'accorde très bien avec l'hypothèse que nous avons émise plus haut sur l'origine de la stratification.

Ainsi donc, pendant la décharge, il y a développement de chaleur. Nous pouvons facilement concentrer cette chaleur, afin de rendre plus frappants les effets qui doivent nous dévoiler sa présence. Pour cela il suffit de prendre pour pôle négatif une surface à foyer (fig. 14); les jets moléculaires en s'y croisant rendront, selon toute probabilité, ce point particulièrement chaud ; et pour le constater

nous déplacerons ce centre calorifique à l'aide d'un aimant qui l'amène sur la surface du tube.

M. Crookes emploie un appareil (fig. 15) qui permet de rendre l'expérience visible à la fois à un grand nombre de spectateurs ; le voici. Dans un petit tube à gaz très raréfié *ab*, se trouve un pôle négatif en forme de coupe *b* ; donc, quand le courant passe, la rencontre des jets moléculaires donne naissance à un foyer. Ce foyer est déplacé par l'action d'un électro-aimant *c* et vient se former sur une des parois du tube recouverte de cire. La lampe électrique *d* permet de projeter sur un écran une image agrandie de tout l'appareil. C'est sur cet écran que les spectateurs suivent les phases successives du phénomène. Dès qu'on anime l'électro-aimant un bourrelet se forme dans la couche de cire. Bientôt le verre se désagrège, il se ramollit et des fêlures rayonnent autour du centre calorifique; enfin, la pression atmosphérique aidant, il se fend et l'air se précipite dans le tube.

Au lieu d'amener le foyer moléculaire sur la paroi du tube, nous pouvons le faire tomber sur un morceau de platine iridié, placé à l'intérieur (fig. 16). Non seulement le

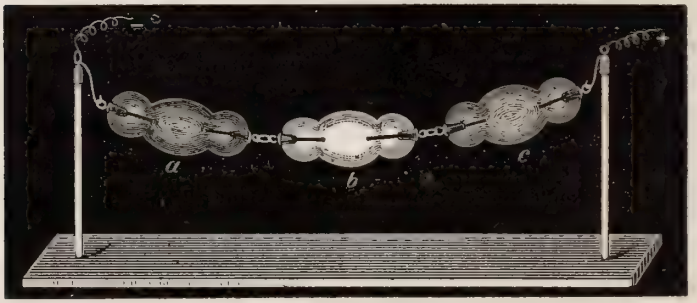

Fig. 17.

métal devient incandescent, mais il lance de tous côtés des étincelles et entre bientôt en fusion.

Ces dernières expériences, où la chaleur et la lumière

se donnent la main, nous font passer sans transition des phénomènes calorifiques aux phénomènes lumineux.

Nous avons déjà parlé des strates qui résultent probablement du choc des molécules entre elles ; il convient de

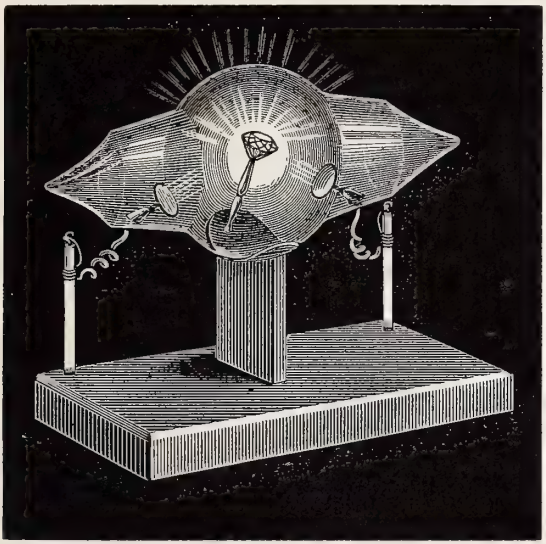

Fig. 18.

dire aussi quelques mots de la phosphorescence des tubes, signalée dans presque toutes les expériences de M. Crookes.

En partant du système des ondulations, on admet généralement qu'une cause quelconque, chaleur, insolation, chocs, capable de produire des ébranlements moléculaires, peut exciter, dans certaines substances particulièrement ébranlables, des mouvements vibratoires qui se propagent dans l'éther, à des températures bien au-dessous de celle du *rouge* pour laquelle tous les corps deviennent ordinairement lumineux. Ces substances sont dites *phosphorescentes*. Leur surface, toujours prête à vibrer lumineusement, si l'on peut s'exprimer ainsi, et à entretenir ces vibrations pendant quelque temps, ressemble à un instrument dont les cordes bien tendues n'attendent qu'une

légère excitation pour s'ébranler musicalement et résonnent encore après que l'excitation a cessé. Or, le verre est une de ces substances. Aussi, dans les tubes à gaz très raréfié, une vive phosphorescence recouvre toute la surface interne des parois ; et l'on ne voit, à l'intérieur même du tube, ni lumière nuageuse ni strates brillantes. Qu'est-ce à dire, sinon que les chocs entre molécules gazeuses sont devenus excessivement rares et que, par conséquent, le chemin moyen libre de ces projectiles atteint les dimensions du récipient dont les parois sont bombardées directement. Celles-ci, de nature facilement ébranlable, en sont rendues toutes lumineuses.

Cette phosphorescence ne remplit pas l'épaisseur du verre, mais se produit seulement sur la surface interne du tube. On pouvait cependant prévoir qu'elle varierait de couleur et d'intensité avec la composition du verre. M. Crookes a vérifié expérimentalement cette conjecture à l'aide d'un appareil formé de trois tubes de verres différents (fig. 17). Le verre d'uranium *a* prend une couleur vert foncé ; le verre anglais *b* paraît bleu ; et le verre tendre d'Allemagne *c*, qui donne les plus brillants résultats, s'illumine en vert pomme.

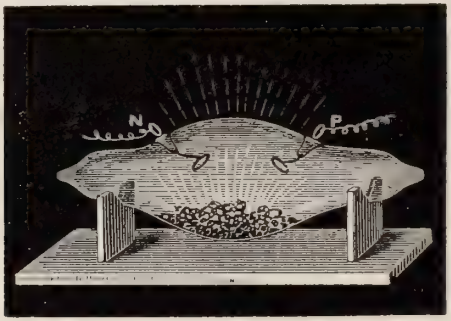

Fig. 19.

Au lieu d'expérimenter sur le verre, on peut évidemment lancer les molécules gazeuses contre toute autre substance

phosphorescente. Le sulfure de calcium, le diamant (fig. 18), le rubis (fig. 19) s'illuminent successivement dans les appareils de M. Crookes et témoignent, par leur éclat, de l'énergie des chocs moléculaires.

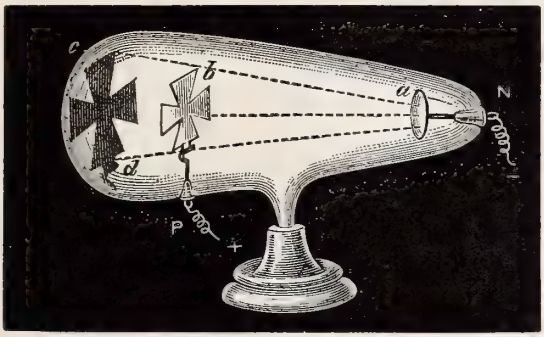

Fig. 20.

Ces chocs ne produisent pas seulement des effets calorifiques et lumineux, ils vont jusqu'à provoquer des modifications intimes dans les substances qu'ils ébranlent.

Nous devions nous y attendre. Nous savons en effet que s'il y a des ébranlements moléculaires plus lents que le rouge, il y en a d'autres plus rapides que le violet qui sont du domaine de la chimie. Or, des chocs viennent de nous faire parcourir les portions infra-rouge et lumineuse du spectre ; ne pouvons-nous pas légitimement espérer qu'ils nous feront passer au delà du violet visible ?

Que dit l'expérience ? Dans cet appareil en forme de poire (fig. 20), les molécules gazeuses partent de l'extrémité pointue, où est le pôle négatif *a*, et vont butter contre la paroi opposée. Sur leur trajet, on intercale un écran *b* en forme de croix qui arrête au passage une partie de la matière rayonnante ; le reste passe autour de l'écran dont l'ombre *(shadow) dc* se détache en noir sur le fond rendu phosphorescent.

Un léger mouvement imprimé à l'appareil permet, après quelques instants, de rabattre l'écran. Au moment où il

tombe, les apparences lumineuses que présente la paroi bombardée sont renversées. La partie qui était obscure, c'est-à-dire l'ombre de l'écran, brille maintenant d'un éclat spécial sur un fond moins éclatant ; on voit (fig. 21) une croix blanche *ef* où se dessinait tantôt une croix noire *cd*. Mais le contraste va en s'affaiblissant et bientôt la phosphorescence s'éteint. On dirait que le verre se fatigue et qu'il devient de moins en moins apte à s'ébranler lumineusement. Et de fait il en est ainsi.

Dans la première partie de l'expérience, toute la portion de la paroi qui n'est pas dans l'ombre, se modifie et perd sa sensibilité : de sorte que, au moment de la chute de l'écran, elle ne répond plus aussi bien aux excitations lumineuses. C'est un instrument dont les cordes se sont détendues sous les doigts de l'artiste. Au contraire la partie abritée par l'écran a gardé toute sa sensibilité. De là les apparences renversées de la seconde partie de l'expérience. Mais cette sensibilité se perd bientôt à son tour ; elle s'émousse peu à peu, et la paroi tout entière devient inerte. Toutefois un repos plus ou moins long rend souvent au verre les propriétés qu'une excitation trop intense lui avait enlevées.

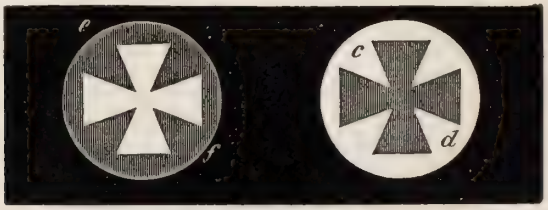

Fig. 21.

Nous nous demandons si l'on n'a pas ici la raison d'un fait bien connu, observé d abord par Geissler et confirmé par tous les expérimentateurs qui ont étudié le passage de la décharge électrique à travers les gaz raréfiés. Tous nous disent qu'une des plus grandes difficultés que présente cette

étude tient à ce que les tubes, au bout d'un temps plus ou moins long, se modifient d'une manière complète. « Nous croyons, disent à ce sujet MM. Warren de la Rue et H. W. Müller, que ces changements se produisent plus rapidement avec la pile, à cause de l'intensité du courant, qu'avec les bobines d'induction. » N'est-ce pas aux vitesses communiquées par les courants aux molécules du résidu gazeux qu'il faut attribuer cette modification des tubes? Quoi qu'il en soit, il est bien certain qu'il faut se servir de tubes *vierges*, comme les appelle Geissler, si l'on veut produire, dans tout leur éclat, les effets de phosphorescence.

Ainsi donc, les phénomènes calorifiques, lumineux et chimiques réalisés par M. Crookes dans ses nouvelles expériences, trouvent un lien commun dans la théorie de la constitution des gaz telle qu'elle résultait des principes de la thermodynamique. Si cette science maîtresse avait encore besoin de preuves, il nous semble qu'elle les trouverait ici solides et nombreuses. La simplicité avec laquelle elle rend compte de ce grand nombre de faits inattendus, la fécondité des aperçus qu'elle suggère, la variété des détails qu'elle prévoit et qu'elle explique, donnent à l'esprit la conviction qu'il ne s'est point fourvoyé en la prenant pour guide.

Les recherches de M. Crookes, on le voit, malgré les brillantes expériences auxquelles elles l'ont conduit, ne sont pas seulement du domaine de la physique amusante. Elles ont droit de cité dans la physique sérieuse ; et elles sont appelées à y remplir un rôle important, puisqu'elles projettent la lumière sur les principes mêmes des théories modernes. La devise de M. Crookes, si bien justifiée par l'invention du radiomètre, trouve donc ici une nouvelle application : *Ubi crux, ibi lux.*

Faisons maintenant pour les liquides ce que nous venons de faire pour les gaz, et disons comment on peut y consta-

ter expérimentalement les agitations que la thermodynamique nous oblige théoriquement à leur attribuer. Les expériences seront beaucoup moins brillantes, mais elles seront peut-être plus directement démonstratives, et de plus il suffit pour les répéter aisément d'avoir à sa disposition un microscope grossissant environ 500 fois.

D'après la théorie, les molécules liquides ne sont plus, comme dans les gaz, généralement indépendantes les unes des autres ; elles sont, au contraire, constamment soumises, pendant toute leur excursion, aux actions attractives des molécules voisines. Leurs trajectoires ne sont donc plus des lignes droites brisées aux angles arrondis. On ne peut pourtant pas dire que leurs mouvements soient parfaitement vibratoires, comme pour les solides où chaque molécule, toujours sous l'influence des mêmes voisines, oscille perpétuellement autour d'une même position moyenne. La molécule liquide peut souvent échapper au groupe dont elle faisait partie, mais alors elle tombe immédiatement sous l'action d'un autre groupe voisin. Grâce à cet échange d'individus, les groupes se déforment et se reforment sans cesse au sein des liquides, et c'est principalement à ce phénomène qu'est due leur consistance particulière. Pour comprendre la cause de ces pérégrinations de groupe en groupe, il faut savoir que, toujours d'après la théorie, les diverses molécules d'un même liquide ne sont pas animées de mouvements égaux ; l'agitation peut être beaucoup plus vive dans les unes que dans les autres. La valeur *moyenne* de leurs vitesses détermine la température du liquide, elle monte et descend avec cette température ; mais au-dessous et au-dessus de cette moyenne il y a de grandes inégalités. Les molécules qui, à un certain moment, sont animées des plus grandes vitesses, peuvent s'éloigner assez de celles qui les influençaient d'abord pour n'être plus rappelées par elles, et aller s'unir à quelque autre groupe. Là leurs mouvements pourront être fort différents de ce qu'ils étaient d'abord ; cependant si elles n'étaient pas près de la surface

libre du liquide, ces mouvements resteraient dans la même catégorie générale, et les molécules seraient encore des molécules liquides.

Mais près de la surface libre, les molécules animées des plus grandes vitesses, échappées à l'action de leurs voisines, peuvent souvent ne rentrer dans aucun autre groupe, en s'élevant au-dessus du liquide. Là elles constituent un gaz, ou, suivant l'expression reçue, une vapeur ; et elles commencent les mouvements en zigzag qui ont été décrits plus haut. C'est le phénomène de l'évaporation, et l'on voit que si l'espace est librement ouvert au-dessus du liquide, l'évaporation doit non seulement diminuer la masse de celui-ci, mais aussi en abaisser la température ; car les molécules qu'elle enlève sont animées de vitesses supérieures à la moyenne, et par suite leur départ abaisse cette moyenne qui est la mesure de la température. Si, au contraire, la vapeur n'a pour se loger qu'un espace limité de toutes parts, il arrivera un moment où cet espace sera *saturé* et où la quantité de liquide et sa température resteront constantes. On en voit aisément la raison. Les molécules de la vapeur, en voyageant sur leurs trajectoires en zigzag, vont heurter les parois de leur prison ; l'une de ces parois est la surface du liquide, où elles ne peuvent arriver sans rentrer sous l'action de groupes qui les retiennent ; or ce que nous appelons la *saturation* arrive précisément au moment où la vapeur déjà formée est assez abondante pour rendre à chaque instant au liquide autant de molécules qu'elle en reçoit par l'évaporation. Ce n'est pas un repos, c'est un équilibre mobile, une compensation.

Tout cela n'est jusqu'ici que de la théorie ; ce ne sont pas des phénomènes qui se présentent à nous et qu'il faut expliquer, ce sont des conséquences d'une théorie édifiée pour expliquer d'autres phénomènes. Si l'expérience venait à montrer que ces conséquences ne se vérifient pas, il en faudrait conclure que la théorie est au moins inexacte, peut-être tout à fait erronée. Heureusement l'expérience

fait tout le contraire. Pour le reconnaître, il faut ajouter quelques considérations bien simples aux principes qui précèdent.

Il y a, d'après ces principes, d'assez grandes inégalités entre les molécules ; l'agitation dans les unes peut être fort supérieure à la moyenne, tandis qu'elle peut lui être fort inférieure dans d'autres. De plus toutes les directions sont admissibles pour leurs excursions. Si nous pouvions voir tous les mouvements moléculaires qui doivent s'exécuter en quelques instants dans une goutte d'eau, ce spectacle produirait sur nous l'effet d'un incomparable désordre, d'un chaos qui n'aurait d'autre règle que l'irrégularité. Essayons d'apprécier les conséquences de cette irrégularité, en voyant ce qui doit se passer dans une petite région superficielle, par exemple dans un petit carré microscopique découpé par la pensée sur la surface libre du liquide. Il y aura des instants où ce carré renfermera beaucoup de molécules ayant de grandes vitesses dirigées vers l'extérieur ; le liquide alors perdra rapidement de sa masse en cet endroit. Mais il y aura aussi des instants où presque toutes les vitesses dirigées vers l'extérieur seront trop petites, et le liquide alors ne perdra presque rien. En d'autres termes, l'évaporation dans ce carré sera tantôt fort active et tantôt fort lente. C'est une conséquence de la théorie ; mais, dans les conditions ordinaires, l'observation pourra-t-elle constater cette conséquence ? Non, parce qu'il y aura toujours dans le voisinage du carré considéré, d'autres carrés dont les irrégularités compenseront les premières. C'est là un cas de la loi des grands nombres, loi qui a souvent pour effet de faire de l'ordre avec du désordre. Ainsi la statistique, appliquée aux phénomènes sociaux d'une grande nation, nous fournit de nombreux exemples, où l'on peut observer l'action de cette loi, et elle démontre ordinairement la constance de ces phénomènes, malgré la liberté individuelle et toutes les causes accidentelles de variation.

Ce que nous disons de la surface libre, doit se dire éga-

lement de toute autre surface considérée dans le liquide. Ainsi les parois du vase qui le contient, la surface d'un corps solide plongé dans son intérieur, sont fort inégalement bombardées par les molécules oscillantes ; mais ces inégalités se compensent toujours sur une portion quelque peu étendue de ces surfaces ; les chocs moléculaires, malgré leur irrégularité, semblent n'avoir pour effet que de leur appliquer une pression parfaitement uniforme, tout comme si le liquide était une masse immobile et continue. Cette pression est évidemment une moyenne entre toutes celles qui sont en réalité appliquées aux éléments infinitésimaux de la surface.

Cependant, pour être masquée par la loi des grands nombres, l'irrégularité de l'évaporation ou de la pression n'en subsiste pas moins dans chaque portion suffisamment petite des surfaces considérées. C'est ainsi que la statistique révèle de plus en plus l'inconstance et l'irrégularité de bien des phénomènes sociaux, quand au lieu de l'appliquer à toute une grande nation, on descend à une province, à une ville, à un village. Il devra donc suffire d'isoler des portions de plus en plus petites des surfaces d'évaporation ou de pression, pour arriver enfin à des étendues incapables d'assurer la compensation des irrégularités, et alors les effets de la discontinuité et de l'agitation thermodynamique du liquide devront se faire sentir.

Ces réflexions sont tellement simples, elles se présentent si naturellement qu'elles auraient dû, semble-t-il, faire partie, dès l'origine, de la théorie thermodynamique des liquides. Elles sont pourtant postérieures de plusieurs années, et même alors elles ne sont nées que sous la pression des faits observés. Nous les trouvons dans des notes écrites de juin à octobre 1874, par un savant bien connu de nos lecteurs, le R. P. Carbonnelle, à qui un autre de nos collaborateurs, le R. P. Renard, avait alors montré pour la première fois les curieux mouvements des *libelles*.

On se rappelle certainement ces mystérieuses petites

bulles qui s'agitent dans les enclaves microscopiques des minéraux. Elles ont été décrites dans la première livraison de cette Revue (janvier 1877, p. 211). Citons quelques lignes de cette description : « Vous avez sous les yeux une enclave liquide (fig. 22) ; au milieu de cette gouttelette infinitésimale nage un point noir ; c'est la libelle ; mettez-la bien au foyer du microscope, et vous ne tarderez pas à la voir se mouvoir ; tantôt elle n'aura qu'une trépidation sur place, tantôt elle s'avancera lentement, tantôt imitant à s'y méprendre le mode de progression des organismes inférieurs, elle s'agitera d'un bout à l'autre de sa prison, s'arrêtera un instant pour trembler sur elle-même, reprendra sa course et ira butter contre les parois de l'enclave. »

Fig. 22.

Enclaves liquides du quartz, avec libelles. Grossissement, mille diamètres.

Tel est le phénomène dont la vue suscita immédiatement les simples réflexions rapportées tout à l'heure, et en fit conclure tout naturellement le théorème suivant : D'après la théorie mécanique de la chaleur, toute particule de matière librement suspendue dans un liquide, doit osciller sans cesse si elle est suffisamment petite. Une fois cette limite atteinte, les oscillations doivent être d'autant plus vives que les dimensions seront plus petites.

On devine sans peine que le mouvement des libelles n'est pas le seul dont ce théorème puisse rendre compte ; mais avant de passer à ces applications, il convient de bien établir le théorème lui-même.

Supposons d'abord un petit corps solide suspendu dans l'eau. Pour qu'on puisse le considérer comme soumis sur

toute sa surface à une pression uniforme, il faut, d'après ce qui précède, que cette surface ait une certaine étendue. Dans ce cas, les chocs moléculaires du liquide, causes de la pression, ne produiront aucun ébranlement du corps suspendu, parce que leur ensemble sollicite ce corps également dans toutes les directions. Mais si la surface est inférieure à l'étendue capable d'assurer la compensation des irrégularités, il n'y a plus lieu de considérer la pression moyenne, il faut reconnaître des pressions inégales et continuellement variables de place en place, que la loi des grands nombres ne ramène plus à l'uniformité, et dont la résultante ne sera plus nulle, mais changera continuellement d'intensité et de direction. Le centre de gravité du corps sera sollicité par cette force variable et devra par conséquent osciller. De plus, toujours d'après la même loi, les inégalités deviendront de plus en plus apparentes à mesure que l'on supposera le corps plus petit, et par suite les oscillations deviendront en même temps de plus en plus vives.

Si, au lieu d'un corpuscule solide, on considère un globule visqueux ou huileux qui ne se mêle pas avec le liquide où il est suspendu, les mêmes raisonnements s'appliquent sans aucune modification. Le globule bombardé de tous côtés par les molécules du milieu, commencera à être inégalement et irrégulièrement sollicité dans les diverses directions quand ses dimensions arriveront au-dessous d'une certaine limite, et ses mouvements oscillatoires devront être d'autant plus vifs qu'il sera plus petit.

Enfin, si le corps librement suspendu dans le liquide est une bulle gazeuse, le théorème s'y applique également ; mais pour le démontrer il ne suffit pas d'invoquer la pression produite par les chocs moléculaires, il faut recourir à la théorie donnée plus haut de l'évaporation. L'évaporation dans la sphérule suspendue se produit évidemment comme dans un espace limité de toutes parts et saturé. La température reste constante ainsi que la quantité de liquide et de vapeur. Tout le long de la surface sphérique des mo-

lécules sortent du liquide et y rentrent ; cet échange n'est pas absolument uniforme, il varie de place en place, et en chaque endroit il varie d'instant en instant. Mais si la sphérule est assez grosse, la loi des grands nombres permettra, comme nous l'avons vu, de substituer une valeur moyenne constante à toutes ces valeurs variables ; et il faudra conclure que la bulle gazeuse doit être parfaitement immobile ; car, de quelque façon qu'on divise sa surface en deux hémisphères, chacun de ces hémisphères regagnant continuellement autant de molécules qu'il en perd ne peut éprouver aucun déplacement. Au contraire, si les dimensions sont assez petites pour ne plus permettre l'emploi de la moyenne constante, il faudra tenir compte des inégalités de l'évaporation. Dans tel endroit le liquide gagnera plus qu'il ne perd, dans tel autre, il perd au même instant plus qu'il ne gagne. Il y aura un hémisphère dont la surface liquide avancera vers le centre de la sphérule, et un autre hémisphère où elle s'en éloignera, de sorte qu'en définitive l'ensemble de la bulle gazeuse se déplacera dans un certain sens ; bientôt après, ces inégalités se produisant en d'autres points, la bulle se mouvra dans une autre direction. Elle oscillera donc comme les corpuscules et les globules considérés plus haut ; comme eux aussi et pour la même raison, à savoir parce que les inégalités se prononcent de plus en plus quand les dimensions diminuent, elle sera d'autant plus vivement agitée qu'elle sera plus petite.

La démonstration que nous venons de développer en trois paragraphes est au fond extrêmement simple, si simple qu'elle se présente d'elle-même à quiconque a tant soit peu étudié la thermodynamique. L'énoncé même du théorème s'imposerait, pour ainsi dire, à tout mathématicien à qui l'on montrerait les oscillations des libelles en ajoutant que ce phénomène peut être considéré comme une conséquence des mouvements moléculaires révélés par la théorie mécanique de la chaleur. Mais d'un autre côté, si, au lieu de trouver *à priori* cet énoncé, on a attendu pour le formuler

les indications fournies par les libelles, on conviendra sans peine qu'il dépasse notablement ces indications, qu'il s'étend à d'autres phénomènes, et que par suite il appelle des vérifications expérimentales. Le R. P. Carbonnelle le reconnut immédiatement, et son premier soin fut de se procurer un microscope suffisant pour ces vérifications. Les résultats de ses recherches sont consignés dans ces mêmes notes de 1874 qu'il a bien voulu mettre à notre disposition ; mais avant de les rapporter, il nous paraît curieux de citer un travail publié depuis cinquante ans, et qui semble aujourd'hui fait tout exprès pour confirmer la théorie.

Le 30 juillet 1828, Robert Brown, naturaliste anglais, publiait un mémoire où il parle longuement et pour la première fois des mouvements corpusculaires auxquels on a depuis donné son nom (1). C'est en étudiant la structure du pollen et en recherchant son mode d'action sur le pistil dans les plantes phanérogames qu'il remarqua que ces petits grains de poussière organique plongés dans l'eau étaient évidemment en mouvement. Il constata d'abord par « des observations répétées, que ces mouvements ne provenaient ni de courants dans le fluide, ni de son évaporation graduelle ; mais qu'ils appartenaient à la particule elle-même. » Mais n'était-ce pas une propriété exclusive du pollen du *Clarckia pulchelta* qu'il observait au moment de sa découverte? Il s'assura du contraire en étendant ses observations à d'autres plantes de la même famille, puis à toute plante vivante ; toujours il observait les mêmes trépidations.

Le pollen des plantes desséchées elles-mêmes est animé de mouvements spontanés *(vivid motion)* d'une intensité remarquable. Brown s'étonne de « voir encore la vitalité

(1) *Annales des sciences naturelles*, par MM. Audouin, Ad. Brongniart et Dumas, t. XIV, pp. 341-363 : Exposé sommaire des observations microscopiques faites dans les mois de juin, juillet, et août 1827, sur les particules contenues dans le pollen des plantes, et sur l'existence générale des molécules actives dans les corps organisés et inorganisés ; par M. R. Brown. — Paris, 1828.

persister dans ces particules délicates, si longtemps après la mort de la plante. » Sa curiosité est vivement excitée. Il passe du pollen à la poussière qu'il obtient en triturant des feuilles sèches; toujours mêmes mouvements. Il s'adresse aux substances d'origine végétale, même aux bois fossiles, puis aux minéraux et bientôt à tout ce qui lui tombe sous la main et peut être réduit en poudre impalpable; et il voit l'observation réussir avec un succès constant. Enfin il étudie les caractères communs de toutes ces particules en mouvement; et il croit remarquer qu'elles sont toutes sphériques, toutes de même taille; mais il n'obtient rien de bien précis sur leur grandeur absolue. Il pense seulement que « leur diamètre peut varier de $\frac{1}{15\,000}$ à $\frac{1}{20\,000}$ de pouce; » (de 0,0017 à 0,0012 environ de millimètre). Leur nature intime semble l'intriguer bien plus que leurs dimensions et leur figure. Sans rien affirmer, sans même s'expliquer très clairement à ce sujet, il semble porté à croire que « ces molécules actives » sont animées. Il est vrai que, dans une note publiée l'année suivante (1), il se défend de cette interprétation que « plus d'un écrivain » a donnée à sa pensée. Cette note est plus intéressante que le mémoire lui-même et mérite d'être citée presque tout entière.

« Les particules extrêmement délicates de la matière solide, dit Brown, soit qu'on les obtienne de substances organiques ou inorganiques, lorsqu'elles sont suspendues dans l'eau ou dans quelque autre fluide aqueux, présentent des mouvements dont je ne puis me rendre compte, et qui, d'après leur irrégularité et leur indépendance apparente, ressemblent à un degré remarquable aux mouvements les moins rapides de quelques-uns des animalcules infusoires les plus simples, ... les petites particules mouvantes que j'ai obser-

(1) *Annales des sciences naturelles* : t. XIX, pp. 104-110 : Remarques additionnelles sur les molécules actives; par M. R. Brown, F. R. S. — Paris, 1830.

vées et que j'ai nommées *molécules actives*, paraissent être sphériques ou presque sphériques, et avoir entre un vingt-millième et un trente-millième de pouce en diamètre; ..... d'autres particules d'une taille beaucoup plus grande et plus variée, et d'une forme ou semblable ou très différente, présentent aussi des mouvements très analogues dans de semblables circonstances.

» J'ai anciennement dit que je croyais que ces mouvements des particules ne provenaient, ni de courants dans le fluide qui les contenait, ni des mouvements intérieurs qu'on peut supposer qui accompagnent son évaporation.

» Ces causes de mouvement cependant, soit seules, soit combinées avec d'autres telles que l'attraction et la répulsion parmi les particules elles-mêmes, leur équilibre imparfait dans le fluide dans lequel elles sont suspendues, leur action hygrométrique ou capillaire, et dans quelques cas le dégagement de la matière volatile, ou de petites bulles d'air, ont été considérées par plusieurs écrivains, comme expliquant suffisamment les phénomènes apparents. Quelques-unes des causes que j'ai alléguées ici, ainsi que d'autres qu'il me semble inutile de mentionner, seront facilement aperçues et ne pourront tromper des observateurs ayant quelque expérience dans les recherches microscopiques; et l'insuffisance des causes les plus importantes parmi celles que j'ai énumérées peut, je pense, être démontrée d'une manière satisfaisante, par le moyen d'une expérience très simple.

» Cette expérience consiste à diviser la goutte d'eau qui contient les particules en parties d'une petitesse microscopique, et à prolonger son existence en la plongeant dans un fluide transparent d'une gravité spécifique inférieure, avec lequel elle ne puisse se mélanger, et dont l'évaporation soit extrêmement lente : si on ajoute à de l'huile d'amande, fluide qui possède ces propriétés, une portion considérablement plus petite d'eau entièrement imprégnée de particules, et qu'on secoue et mélange ensemble ces deux

fluides, il en résultera des gouttes d'eau de différentes tailles, depuis un cinquantième jusqu'à un deux-centième de pouce de diamètre (environ 0,507 et 0,127 de millimètre). Les plus petites de ces gouttes ne contiennent nécessairement que peu de particules, et on peut en observer quelques-unes qui en contiennent seulement une. De cette manière les petites gouttes qui se dissiperaient en une minute, si elles étaient exposées à l'air, peuvent se conserver plus d'une heure. Mais, dans toutes ces gouttes ainsi formées et protégées, le mouvement des particules s'opère avec une activité qui ne diminue pas; tandis que les causes principales assignées pour ce mouvement, nommément l'évaporation, et leur attraction et leur répulsion mutuelles, sont ou considérablement réduites ou absolument nulles.

» On peut remarquer ici que ces courants du centre à la circonférence, d'abord à peine perceptibles, ensuite plus visibles, et enfin très rapides, qui existent constamment dans les gouttes exposées à l'air, et qui dérangent ou empêchent entièrement le mouvement propre des particules, sont entièrement évités dans des gouttes d'une petite taille plongées dans l'huile....

» On peut prouver, en faisant l'expérience inverse, que le mouvement des particules n'est produit par aucune cause agissant à la surface de la goutte ; car, en mêlant une très petite proportion d'huile avec l'eau qui contient les particules, on trouvera sur la surface de la goutte d'eau des gouttes d'huile microscopiques d'une extrême petitesse, dont quelques-unes ne dépassent pas en grosseur les particules elles-mêmes, et qui sont presque immobiles, tandis que les particules placées au centre ou vers le fond de la goutte, continuent à se mouvoir avec leur degré habituel d'activité. »

Tous ces faits, observés par R. Brown, peuvent vraiment être considérés comme une vérification anticipée d'un théorème trouvé un demi-siècle plus tard. Malheureu-

sement alors la thermodynamique n'était pas née; on ne vit pas leur importance, et l'on n'y prêta qu'une attention distraite. Les physiciens ne s'en occupèrent point ; on se contenta de leur donner un nom, et l'on en vint bientôt à ne plus mentionner les trépidations corpusculaires que pour mettre en garde contre les erreurs qu'elles pouvaient introduire dans les recherches microscopiques. Lorsque, dans le cours de leurs études et comme par hasard, les micrographes les rencontraient, ils avaient soin de ne pas les prendre pour des mouvements vitaux, et les écartaient avec dédain sous la dénomination de *mouvements browniens*. Quant à les expliquer, c'est à peine si l'on y songeait. On se bornait à dire, en termes un peu vagues, qu'ils devaient être causés par l'évaporation du liquide, ou par la pression et le déplacement de la lamelle de verre qui le recouvre ordinairement sous le microscope. C'était confondre le mouvement oscillatoire autour d'une position moyenne, avec le transport de cette position moyenne, transport qui n'est ici qu'un phénomène perturbateur et accidentel, que R. Brown avait déjà signalé et qu'il est toujours facile d'éviter. C'est ainsi qu'on négligea complètement un fait très général et d'une grande importance, qui nous mettait sous les yeux ces mystérieuses vibrations calorifiques dont la théorie seule semblait pouvoir démontrer l'existence.

Le R. P. Carbonnelle, en reprenant l'étude de ces mouvements microscopiques, chercha d'abord à écarter à coup sûr le phénomène perturbateur du transport en immobilisant parfaitement le liquide. Il y parvint en collant, sur la lame de verre destinée à le soutenir, deux petites bandes de papier ou de mica, d'égale épaisseur, qui en supportant la lamelle supérieure, l'empêchaient de presser irrégulièrement sur la goutte liquide. Grâce à cette simple précaution, la goutte aplatie et arrondie entre les deux verres, reste absolument immobile, du moins si les verres sont bien propres. On n'observe plus le transport des positions

moyennes, et quand les corpuscules sont nombreux dans le champ du microscope, leurs oscillations qui se font en même temps vers toutes les directions, fournissent d'elles-mêmes un contrôle certain de l'immobilité générale de la goutte. On peut en outre, s'il s'agit de préparations à conserver pendant un temps plus ou moins long, emprisonner complètement le liquide, en traçant avec un pinceau une bordure d'huile autour de la lamelle ; on empêche ainsi la perte par évaporation.

Ces précautions permirent d'observer aisément les mouvements oscillatoires d'un nombre immense de corpuscules de toute nature, et de constater la vérification constante du théorème. Les dimensions avaient seules une véritable influence sur le phénomène. L'état physique, la nature chimique, la figure, la température même n'introduisaient aucune variation, ou du moins les variations étaient tout à fait secondaires et le plus souvent imperceptibles. Comme d'ailleurs l'observation a porté sur plusieurs millions de cas, on peut donner comme certain le résultat suivant : Tout corps suspendu, dont aucune dimension ne dépasse deux millièmes de millimètre,est soumis à un mouvement oscillatoire incessant. La limite supérieure de deux millièmes pourrait sans doute être reculée ; on ne s'y arrête que pour pouvoir affirmer avec une entière certitude que pas un seul des corps observés n'a contredit cette loi. Toujours on a constaté que ceux qui n'oscillaient pas, malgré leur petitesse, étaient, non suspendus dans le liquide, mais en contact avec l'une des deux parois solides qui le terminaient. De plus, à cause du grand nombre de corpuscules inégaux que l'on observe le plus souvent ensemble dans le champ du microscope, on est pour ainsi dire forcé de remarquer que les plus petits sont toujours de beaucoup les plus vivement agités.

Pour ceux de nos lecteurs qui voudraient répéter ces intéressantes observations, nous extrairons ici quelques passages des notes du R. P. Carbonnelle :

« *Note du* 4 *novembre* 1874. — J'indique ici sommairement les principaux corps que j'ai examinés :

» *Solides*. La plombagine, les oxydes métalliques insolubles, comme le bioxyde de cuivre, l'oxyde rouge de mercure et autres que la chimie fournit en poudres impalpables ; les corpuscules qui troublent beaucoup de liquides, tels que l'encre et particulièrement l'encre à copier ; l'encre de Chine préparée comme pour un lavis ; et, source abondante et d'accès facile, toutes les couleurs de l'aquarelliste, carmin, vermillon, outremer, bleu de Prusse, ocre, terre de Sienne, gomme-gutte, etc. Le blanc d'argent m'a donné des corpuscules excessivement petits et abondants ; tout le champ du microscope en était couvert. En les voyant sans cesse partir de chaque point dans toutes les directions, il est absolument impossible d'attribuer leurs oscillations à un déplacement du liquide. On fait naturellement la même réflexion en observant les autres substances énumérées qui, pour la plupart, montrent ensemble des milliers de corpuscules mobiles. Les plus petits de ces corpuscules se déplacent intégralement, les plus grands ne font guère qu'osciller sur leur centre. Une goutte de teinture d'iode mêlée à l'eau donne une multitude de petits cristaux allongés ; j'ai vu de ces cristaux, longs de 14 et de 15 millièmes de millimètre, osciller comme des aiguilles aimantées. Mais ce phénomène ne dure qu'une heure ou deux ; peu à peu, de la circonférence au centre, on voit les cristaux se redissoudre.

» *Liquides*. Je range sous ce nom toutes les matières visqueuses qui se divisent en globules dans le liquide principal. Une goutte d'huile agitée dans l'eau, le pétrole divisé d'abord dans l'alcool puis étendu d'eau, les globules de beurre naturellement suspendus dans une goutte de lait, les résines solubles dans l'alcool et qui se précipitent lorsqu'on mêle avec l'eau une goutte de la solution. Je citerai en particulier la politure des ébénistes, un vernis pour métaux et le vinaigre de Bully. Les plus petits de ces glo-

bules visqueux ont des mouvements fort rapides ; et j'en ai observé de grands qui oscillaient encore, bien que leur diamètre allât jusqu'à sept et huit millièmes de millimètre.

» *Gaz.* J'ai essayé de plusieurs manières d'emprisonner les gaz en bulles suffisamment petites. Le procédé qui a généralement le mieux réussi est le suivant. Dans un flacon rempli de gaz, on introduit un peu d'eau et de savon ; on agite vivement pendant quelques minutes, et l'on décante une partie du liquide. J'ai eu ainsi jusqu'à mille, deux mille bulles oscillantes par millimètre cube. Mais je n'ai pas toujours également réussi, et je ne connais pas encore la cause de ces inégalités. Je dois en outre prémunir contre un danger d'erreur. Avec les bulles de gaz, on rencontre ordinairement, dans l'eau de savon, un assez grand nombre de globules visqueux. Il faut apprendre à distinguer les uns des autres, soit par l'éclairage oblique, soit plus simplement encore, dans l'éclairage normal avec et sans diaphragme, par le mouvement de la vis du microscope. Quand on a appris à les reconnaître aisément, ces corpuscules étrangers, loin d'être une gêne, peuvent être employés comme terme de comparaison pour les oscillations des bulles gazeuses, et par leur nombre ils servent à contrôler l'immobilité du liquide. A égalité de diamètres, les globules visqueux ont une vitesse notablement plus grande. Les bulles elles-mêmes sont de véritables libelles artificielles qui, libres et réunies, peuvent révéler des lois que les bulles prisonnières et solitaires des enclaves du quartz ne permettent pas de reconnaître. C'est ainsi qu'on voit, dès la première inspection, que leur vitesse est d'autant plus grande que leur diamètre est plus petit. J'ai constaté des oscillations encore sensibles sur des bulles de huit millièmes de millimètre. Les petites bulles, au-dessous de deux millièmes, ne sont jamais immobiles, même contre les parois. En comparant entre eux les différents gaz, je n'ai pas trouvé de différences bien tranchées. J'ajoute que presque toujours l'eau dominait dans les liquides employés. Les

huiles sont trop visqueuses et arrêtent les oscillations, l'alcool et les autres liquides analogues sont trop difficiles à immobiliser. »

Ces expériences, on le voit, sont bien faciles à répéter ; elles n'en sont pas moins une importante confirmation de la théorie mécanique de l'état liquide, tout comme les belles expériences de M. Crookes sont une confirmation de la théorie de l'état gazeux. Faisons des vœux pour qu'un habile et heureux physicien complète bientôt la série en confirmant de même la théorie de l'état solide.

Avant de terminer, nous devons, pour être juste envers le savant anglais, reconnaître que les nouveaux phénomènes découverts par lui ont, au point de vue des théories physiques, une importance plus vaste que les oscillations des corpuscules suspendus dans les liquides. La remarquable action mécanique du pôle négatif sur les gaz raréfiés, la coexistence dans ses tubes de deux courants distincts, l'un d'électricité, l'autre de matière rayonnante, les nouveaux faits de phosphorescence qu'il a réalisés, sont des découvertes inattendues qui paraissent pleines de promesses. On peut espérer, nous semble-t-il, que ces faits avec les conséquences que le raisonnement et de nouvelles expériences en feront déduire, permettront bientôt d'édifier solidement une théorie mécanique de l'électricité, et par suite, vu les nombreuses liaisons des phénomènes électriques avec les principaux mystères de la physique et de la chimie, on devra probablement plus tard les ranger parmi les découvertes les plus heureuses et les plus fécondes de la physique moderne.

J. Thirion S. J.

ENCORE LE BATHYBIUS.

Lorsque, il y a juste deux ans, nous racontions aux lecteurs de la *Revue des questions scientifiques* l'instructive histoire du *Bathybius* (1), nous nous flattions d'avoir écrit définitivement l'oraison funèbre de ce protoplasme, si bien enterré par les observations, aussi précises que désintéressées, des naturalistes du *Challenger*. Il ne nous venait donc pas à l'esprit qu'il pût y avoir à redouter, de sa part, aucune tentative de résurrection, ni surtout que cette tentative dût se produire dans le pays même où le *Bathybius* avait reçu le coup de la mort.

C'était, il paraît, méconnaître à la fois la force de résistance d'un protoplasme et l'obstination des théoriciens à qui le *Bathybius* était nécessaire pour étayer leurs doctrines philosophiques. Ils se sont dit, sans doute, qu'aux yeux du vulgaire il n'y a pas de différence entre la vie et la mort, lorsqu'il s'agit d'un être dont l'existence ne se traduit que par les mouvements confus d'une masse gélatineuse, dépourvue de toute organisation. On ne risquait donc pas grand chose à exhumer ce cadavre et à l'offrir, de loin, aux regards d'une nombreuse assemblée, sans trop

(1) *Revue des questions scientifiques*, janvier 1878.

insister sur la mésaventure qui l'avait récemment relégué au rang des plus infimes productions du règne minéral.

Faisons-nous un jugement téméraire en supposant que telle était la pensée qui a inspiré le discours de M. Allman à l'ouverture du congrès de l'Association britannique, réunie à Sheffield en août 1879? Peut-être; mais alors la conjoncture devient des plus embarrassantes; car, pour absoudre l'orateur de tout soupçon d'un semblable calcul, il nous faut accuser d'une certaine légèreté l'homme qu'une assemblée, respectable entre toutes, avait élevé aux honneurs de la présidence. Plutôt que de choisir nous-même entre deux alternatives aussi pénibles, nous préférons en remettre le jugement aux lecteurs de la *Revue*, en plaçant sous leurs yeux toutes les pièces de ce curieux procès.

Donc, à l'ouverture du Congrès de Sheffield, M. Allman avait choisi, pour sujet de son discours d'inauguration, « le rôle du protoplasme dans la nature. » Après avoir décrit ce que c'est que le protoplasme, dans lequel il reconnaît « la base physique de la vie, » l'orateur, voulant faire connaître « quelques types bien définis » de cet être organisé sans organisation, commence par le *Bathybius*, sur le compte duquel il s'exprime en ces termes :

« Une grande quantité d'une matière boueuse particulière a été ramenée à l'aide de la sonde, du fond de l'Atlantique septentrional, à des profondeurs variant entre mille cinq cent et sept mille cinq cents mètres, par les naturalistes attachés à la campagne d'exploration du *Porcupine*. Cette matière a été décrite comme présentant, lorsqu'on l'observe sur place, des mouvements spontanés et des traces indubitables de vie. Des échantillons, conservés dans l'alcool, ont été étudiés par le professeur Huxley, qui les a reconnus comme formés de protoplasme, dont, par conséquent, des masses considérables, à l'état vivant, tapissent de vastes espaces au fond des mers. Cette boue merveilleuse a reçu d'Huxley le nom de *Bathybius Hæckelii*. Depuis lors, le *Bathybius* a été soumis à un examen approfondi

par le professeur Hæckel, qui croit pouvoir confirmer de tous points les conclusions d'Huxley. Il est arrivé à la conviction que le fond de la haute mer, à des profondeurs supérieures à mille cinq cents mètres, est couvert d'une masse énorme de protoplasme vivant, qui y végète à l'état le plus simple et le plus primitif, sans avoir encore pris une forme définie. Il émet l'idée que ce protoplasme peut avoir été engendré par génération spontanée, tout en réservant à des investigations ultérieures le soin de résoudre définitivement cette question.

» Cependant la réalité du *Bathybius* n'a pas été universellement acceptée. Dans les recherches du *Challenger*, les explorateurs n'ont pas réussi à prouver l'existence de protoplasme amorphe sur le fond de l'Océan. Ils n'ont rencontré aucune trace de *Bathybius* dans toutes les régions qu'ils ont explorées, et ils se croient fondés à soutenir que la matière trouvée dans les dragages du *Porcupine* et conservée pour l'étude dans des bocaux d'esprit de vin, n'était qu'un précipité inorganique dû à l'action de l'alcool.

» Toutefois, il est difficile de croire qu'on puisse faire aussi bon marché d'investigations aussi approfondies que celles d'Huxley et d'Hæckel, d'autant plus qu'elles ont reçu une confirmation sérieuse des observations, encore plus récentes, faites par le voyageur Bessels, l'un des explorateurs du *Polaris*. Bessels constate qu'il a dragué, dans les mers du Groënland, des masses d'un protoplasme vivant non différencié, auquel il assigne le nom de *Protobathybius*, mais qui ne paraît pas distinct du *Bathybius* du Porcupine.

» Dès lors, il faudra que de nouveaux arguments aient été apportés contre la réalité du *Bathybius* pour qu'une doctrine reposant sur des observations aussi soignées doive être reléguée dans la région des hypothèses démenties par les faits. Admettant donc que le *Bathybius*, quelque limitée que puisse être sa répartition d'après les dernières recherches, a une existence réelle, nous dirons qu'il nous offre

la condition la plus rudimentaire sous laquelle il soit possible de concevoir la matière vivante. Aucune loi morphologique n'a encore exercé son action sur cette boue informe. Même le plus simple degré d'individualisation fait défaut. Nous avons donc là une masse qui vit, mais dont nous ne pouvons tracer les contours ; c'est de la matière vivante ; mais c'est à peine si nous avons le droit de l'appeler un être vivant. »

Le piquant de l'affaire est que le Professeur Huxley faisait partie de l'auditoire de M. Allman et que c'est à lui qu'avait été dévolue la tâche de justifier le traditionnel vote de remerciements adressé au président à l'occasion de son discours. Certes, l'occasion était bonne, pour le père du *Bathybius*, de saisir la perche que lui tendait si opportunément M. Allman et d'accréditer, tout au moins par son silence, la résurrection du protoplasme en question. Mais M. Huxley est un homme de bonne foi, parfaitement édifié sur la valeur réelle de son ancienne création et il lui répugnait de laisser l'auditoire sous l'impression des déclarations équivoques du président. D'autre part, comment faire pour ne mettre en échec ni sa propre réputation, ni celle de M. Allman, coupable, tout au moins, d'avoir traité un sujet qu'il ne connaissait pas à fond ? C'est ici que se révèle la puissance des ressources que l'*humour* britannique peut mettre à la disposition d'un homme d'esprit. On en jugera à la lecture du passage suivant, textuellement traduit, soit du *Sheffield and Rotherham Independent*, 21 août 1879, soit du *Sheffield Daily Telegraph*, en date du même jour.

« Je vous demanderai la permission de dire un mot d'une affaire qui m'est personnelle, afin de prévenir un malentendu auquel je regretterais d'avoir contribué à donner naissance. J'ose dire que parmi ceux de mes auditeurs qui sont parvenus à la maturité de l'âge, il n'en est aucun qui ait eu le bonheur d'atteindre cette condition sans avoir vu, par ci par là, quelque contemporain, peut-être même quelque

ami intime de sa jeunesse, ne pas tenir exactement toutes les promesses de ses premières années. Allons plus loin, supposons que cet ami ait fait l'inverse de ce qu'on attendait de lui, et soit devenu une de ces personnes équivoques avec lesquelles on n'est point désireux d'entretenir de relations ; vous l'avez depuis longtemps perdu de vue ; vous n'avez pas beaucoup entendu parler de lui ; mais des gens dignes de foi vous ont assuré qu'il a fait ceci ou cela et que, en somme, c'est un assez pauvre sire.

» Or notre Président, dans la première partie de son discours, a fait allusion à une certaine.... chose.... je ne sais en vérité si je dois l'appeler une chose ou autrement (rires), qu'il a nommée devant vous *Bathybius*, en indiquant, ce qui est parfaitement exact, que c'était moi qui l'avais fait connaître ; tout au moins, c'est bien moi qui l'ai baptisée (nouveaux rires) — et, dans un certain sens, je suis son plus ancien ami (éclats de rire). Quelque temps après que cet intéressant *Bathybius* eut été lancé dans le monde, nombre de personnes admirables prirent cette petite chose par la main et en firent une grande affaire (rires). Et, comme le Président a eu la bonté de vous le dire, ces personnes répétèrent et confirmèrent toutes les constatations que je m'étais hasardé à faire à son sujet. Les choses allaient donc leur train, et je pensais que mon jeune ami *Bathybius* me ferait quelque honneur (nouveaux rires). Mais j'ai le regret de dire que, avec le temps, il n'a nullement tenu les promesses de son jeune âge (éclats de rire). Tout d'abord, comme vous l'a dit le Président, on ne réussissait jamais à le trouver là où on devait attendre sa présence, ce qui était fort mal (rires) et, de plus, quand on le rencontrait, on entendait dire sur son compte toutes sortes d'histoires. En vérité, je regrette d'être obligé de vous le confesser, quelques personnes d'esprit chagrin ont été jusqu'à prétendre que ce n'était rien autre chose qu'un précipité gélatineux de sulfate de chaux, ayant entraîné dans sa chute de la matière organique (rires). S'il en est ainsi, j'en suis

très chagrin, car si d'autres ont partagé cette erreur, c'est moi qui, sans le moindre doute, en dois porter la première responsabilité. Mais, quant à présent, je ne sais pas par moi-même ce qu'il en est. Rien ne me serait plus agréable que d'étudier l'affaire à nouveau dans les conditions où il convient de l'examiner, mais cela demanderait un voyage de quelque durée et l'étude d'un objet semblable, sur les lieux même qu'il habite, est un genre de travail que je n'ai pas eu depuis bien des années et que je n'aurai probablement plus jamais l'occasion d'entreprendre. Dès lors, je suspends absolument mon jugement sur ce sujet. Tout ce que je puis faire, c'est de vous avertir des bruits qui ont couru sur mon ancien ami, mais sans dire si ces bruits sont ou ne sont pas justifiés. En résumé, je suis très heureux de ce qui se passe. Il est une chose certaine parmi nous autres, hommes de science, et que personne de ceux qui nourrissent contre nous les plus vifs préjugés ne saurait contester, c'est qu'aucun de nous ne cherchera jamais à cacher les méprises de ses confrères (rires et applaudissements). Dès lors, je me tiens pour pleinement assuré que, si dans cette histoire j'ai commis quelque bévue, un jour ou l'autre il se trouvera quelqu'un pour en fournir la démonstration péremptoire. Mais laissez-moi vous rappeler que, quel que soit le sort du *Bathybius*, cela n'importe en rien aux conclusions générales du remarquable discours que vous venez d'entendre. Toutes les propositions de votre Président resteraient aussi vraies, aussi profondément vraies, lors même que ce petit excentrique de *Bathybius* n'existerait pas. »

Nous avons tenu à citer, sans en retrancher une ligne, ce morceau plein d'esprit, qui fait honneur à la verve et à l'à-propos de M. Huxley. Pour tous ceux qui savent lire entre les lignes, il apparaîtra clairement que le savant professeur ne garde aucune illusion sur le sort de son ancien client et que, s'il avait eu à prononcer, pour son propre compte, un discours sur le rôle naturel du protoplasme, il se fût bien gardé d'invoquer le *Bathybius* à l'appui de sa

thèse. Il n'en reste que plus difficile à comprendre comment M. Allman, de qui le discours était préparé de longue date, a pu y donner place à un argument aussi contestable. Sans doute, on reproche quelquefois aux avocats de tenir au nombre plutôt qu'à la qualité des moyens de défense ; mais si ce procédé est excusable chez celui qui plaide, par état, une cause dont il a été contraint de se charger, on l'admet moins volontiers chez un savant en possession d'une situation personnelle qui prête à ses déclarations une gravité particulière.

Nous pourrions laisser nos lecteurs sous l'impression du désaveu implicite de M. Huxley. Mais quelques-uns viendraient à s'imaginer, peut-être, que les observations des naturalistes du *Challenger* n'étaient pas aussi péremptoires que nous nous étions plu à l'admettre dans notre article de 1878. Afin qu'il ne subsiste à cet égard aucun malentendu, un de nos amis a bien voulu se charger d'écrire à M. John Murray, pour solliciter de lui des explications formelles. Voici la réponse du savant anglais, qu'avec sa permission nous traduirons en entier, pour la complète édification de nos lecteurs :

Challenger Office, 32, Queen Street,
Edimbourg, 11 septembre 1879.

« Cher monsieur,

» En partant pour la croisière du *Challenger*, je croyais au *Bathybius* et, par suite, j'éprouvais un vif désir de l'observer et de l'étudier à fond.

» Je pris la boue retirée par la drague au moment même

Challenger Office, 32, Queen Street,
Edinburgh, 11 sept. 1879.

My dear sir,

When I went away in the Challenger I believed in Bathybius and was of course most anxious to observe and examine it.

I took the mud and ooze just as it came up in the sounding-tube and

où la sonde venait de remonter. Je recueillis avec beaucoup de soin la couche de la surface et je l'examinai d'abord au microscope, à divers grossissements, et en y consacrant plusieurs heures en une seule fois. Je traitai cette couche superficielle par les solutions de carmin et d'iode et j'en recommençai l'examen.

» Je repris nombre de fois ces observations, en variant les méthodes, pendant les deux premières années de notre croisière et en opérant sur toutes les variétés possibles de dépôts, boues à globigérines, boues à diatomées, argiles, dépôts littoraux, etc. Je n'obtins aucun résultat en ce qui concernait le *Bathybius*.

» Je ne vis aucun mouvement protoplasmique dans la boue étudiée dès son arrivée au jour, et, en la traitant par les solutions de carmin et d'iode, je n'aperçus aucune des particularités décrites par Huxley et Hæckel. Les autres naturalistes ne furent pas plus heureux que moi dans leur recherche du *Bathybius*.

» J'étais chargé de conserver tous les échantillons des dépôts et constamment j'avais affaire à eux. Au bout d'un certain temps je constatai que ceux des échantillons de vase qui avaient été placés dans des bouteilles avec un excès d'alcool, présentaient, à leur surface supérieure, l'aspect

dredge. I collected very carefully the surface layer and examined it at once with te microscope under various powers and for hours at a time. I treated these surface layers with carmine and iodine solutions and again examined them.

I did this again and again in various ways, during the first two years of our cruise and with all the varieties of deposit, Glob. oozes, Diatom-oozes, clays, shore deposits etc. There was no result so far as Bathybius was concerned.

I did not see any protoplasmic movements in the mud examined just as it came up and on treating it with carmine and iodine solutions. I did not see the appearances described by Huxley and Hæckel. The other naturalists were not more successful than myself in their search for Bathybius.

I had charge of all the specimens of deposits, and was continually working with them. After a time, I noticed that those specimens of the ooze which were preserved in bottles with abundance of spirit, had a very mobile

d'une gelée très mobile, tandis que cette apparence manquait absolument chez ceux qui avaient été conservés dans l'eau de mer ou dans l'eau douce.

» En traitant par les solutions colorantes les échantillons en digestion dans l'alcool, je constatai facilement les phénomènes décrits et figurés par Huxley et Hæckel.

» Ensuite j'observai que, en mélangeant un peu d'eau de mer à un excès d'alcool, j'obtenais un abondant précipité floconneux qui, au bout de quelque temps, se déposait au fond du vase en prenant un aspect gélatineux.

» J'en tirai la conclusion que l'apparence gélatineuse offerte par les échantillons conservés dans l'alcool était due à un précipité semblable, que l'alcool faisait naître dans l'eau de mer, toujours associée à la vase à son arrivée du fond. Je trouvai la confirmation de cette opinion dans de nombreuses expériences que j'exécutai par la suite.

» D'abord, je priai M. Buchanan d'examiner chimiquement le précipité formé par l'addition d'un excès d'alcool à un peu d'eau de mer. Il le fit et déclara que ce précipité était entièrement constitué par du sulfate de chaux.

» Je crois donc que ce qui a été décrit sous le nom de

jelly-like aspect on the upper surface of the ooze as seen in the bottles, while those specimens of the ooze kept in sea-water or fresh water had no such appearance.

When I treated these spirit-preserved specimens with the colouring solutions, I easily saw the appearances described and figured by Huxley and Hæckel.

I next noticed that, when I put abundance of spirit and a little sea-water together, I got an abundant flocculent precipitate, which after a time settled to the bottom of the glass and assumed a jelly-like look.

I concluded from this that the jelly-like appearance, formed in spirit-preserved specimens of the ooze, was due to a similar jelly-like precipitate thrown down by the spirit from the sea-water which was always associated with the ooze when brought up from the bottom. I was confirmed in this opinion by numerous experiments which I made subsequently.

I next asked M. Buchanan to examine chemically this precipitate formed by adding much spirit to some sea-water. He did so and said it was all sulphate of lime.

I believe then that what was described under the name of Bathybius was

Bathybius était du sulfate de chaux gélatineux, mélangé avec la plupart des échantillons conservés dans l'alcool, et que ce sulfate de chaux provenait de l'eau de mer dont la vase du fond est toujours imprégnée à son arrivée au jour.

» Il importe de bien remarquer ce que je dis *d'un excès d'alcool ;* car, si l'on ajoute une partie d'alcool à une partie d'eau de mer, on obtient bien un précipité ; mais quand ce dernier se rassemble au fond du vase, on trouve qu'il est composé de nombreux cristaux très petits. Si l'on emploie six ou huit parties d'alcool pour une partie ou une demi partie d'eau de mer, on obtient un précipité gélatineux qui ne devient pas cristallin et qui occupe un grand volume. Je possède des échantillons de ce genre qui se sont maintenus sans changement pendant quatre ans.

» Le professeur Huxley a paru étonné du grand volume apparent de ce précipité gélatineux et il avait peine à croire qu'il pût venir uniquement d'une demi-once d'eau de mer. Je lui ai entendu dire à moi-même *que ce précipité était bien ce qu'il avait décrit* et qu'il était tout prêt à *avaler la pilule* [littéralement *avaler le poireau*, « eat the leek. »] Je ne saurais donc comprendre qu'il pût chercher

the jelly-like sulphate of lime mixed up with many spirit-preserved specimens of the ooze, and that this sulphate of lime was thrown down from the sea-water which is always associated with a specimen of the ooze when obtained.

It is important to notice what I say about abundance of spirit. For if you add one ounce of spirit to one ounce of sea-water, you get a precipitate, but when this settles to the bottom of the glass, you will find that it is composed of numerous very small crystals. If you take 1/4 or 1/2 ounce of sea-water and 3 or 4 ounces of spirit, you will get a jelly-like precipitate which does not become crystalline, and which has apparently great bulk. — I have specimens which have remained thus for four years.

Prof. Huxley seemed astonished at the apparently great volume of this jelly-like precipitate, and could hardly believe that it all came from 1/2 ounce of sea-water. I understood him to say to me that this precipitate was what he had described, and that he was prepared to « eat the leek. » I cannot understand why he now throws some doubt on the matter, as I believed he was quite satisfied with the investigation.

aujourd'hui à jeter là-dessus quelques doutes et je crois qu'il a été pleinement convaincu par nos recherches.

» Le professeur Hæckel a passé récemment quelques semaines auprès de moi. Je suis fondé à penser qu'il n'a plus de doutes à cet égard et qu'il regarde le *Bathybius* comme *réellement mort*.

» Il est difficile de concevoir ce que Bessels peut avoir vu dans la mer Arctique, ni pourquoi il a cru nécessaire de donner à cette forme si simple de protoplasme le nouveau nom générique de *Protobathybius*.

» Il vous intéressera peut-être de savoir que deux auteurs ont récemment décrit des cristaux de sulfate de chaux comme provenant de dépôts océaniques. Or je suis sûr que ces cristaux n'existent pas dans les dépôts, mais qu'ils se forment dans nos bouteilles à échantillons quand on emploie pour leur conservation de l'esprit de vin. On pourrait dire que c'est du *Bathybius cristallisé* ou encore du *Bathybius non développé !!*

» Le professeur Huxley m'a dit qu'il avait été induit en erreur précisément par l'excès des précautions qu'il prenait pour être correct et arriver à la vérité. Il avait donné pour instruction que tout échantillon de boue arrivant au jour fût placé de suite dans un flacon, que le flacon fût rempli

Prof. Hæckel was staying with me for some weeks lately, and I think he has now no doubt about the matter, and believes that Bathybius is really dead.

It is difficult to imagine what Bessels could have seen in the Arctic Sea, or why he should have thought it necessary to give to the very simplest form of protoplasm a new generic name, Protobathybius. It may be interesting to you to know that two authors have lately described crystals of sulphate of lime in oceanic deposits. Now I feel sure there are no such crystals in the deposits; but these crystals are found in our bottles of deposits when the specimens have been preserved in spirit: they are, one might say, *crystallized Bathybius* or *undeveloped Bathybius!!*

Prof. Huxley said to me that he had been led into this error, by the very precautions he took to be correct and to get at the truth. He gave instructions that, when any ooze was got, it should at once be put into a bottle, and the bottle be filled up with spirit and sent home to him. In this way he

d'alcool concentré et adressé à son laboratoire. C'est de cette manière qu'il a obtenu son précipité gélatineux de sulfate de chaux. Son analyse ayant donné une petite quantité de matière organique dans la vase, il l'attribua naturellement à la substance gélatineuse ; d'où se déduisait, tout naturellement aussi, cette conclusion, que la matière gélatineuse était un protoplasme, c'est-à-dire le *Bathybius*.

» Telle est, selon moi, la véritable histoire du *Bathybius ;* elle est bien instructive, et montre à merveille de quelle manière une erreur prend naissance, comment elle acquiert de la consistance et quel crédit elle reçoit de l'autorité de certains grands noms. J'ai connu un excellent naturaliste qui, faisant passer de la vase à travers ses doigts, disait qu'elle était vivante par la présence du protoplasme et que c'était le *Bathybius* qui lui communiquait son toucher gluant et graisseux. Et pourquoi ? Parce que Huxley et Hæckel l'avaient dit et qu'il n'était pas probable qu'ils se fussent mépris en pareille matière !

» J'ai vu plusieurs naturalistes perdre leur sang-froid vis-à-vis de moi lorsque je leur disais qu'une méprise avait été commise au sujet du *Bathybius* et que Huxley, Hæckel et autres s'étaient trompés ou avaient été induits en erreur par une circonstance quelconque.

got the jelly-like sulphate of lime in his specimens. His analysis gave a small percentage of organic matter in the ooze. He then, very naturally, I think, took this jelly-like matter to be the organic matter indicated. That this jelly-like matter was protoplasm, was Bathybius, was also a very natural conclusion.

Such is, I believe, the true history of Bathybius, and a very interesting history it is as illustrating how an error may arise, how very persistent an error becomes and how powerful is the authority of great names. I have known a good naturalist pass the ooze through his fingers, and then say, that it was alive with protoplasm — and that the sticky greasy feel was due to the presence of Bathybius. And why? Had not both Huxley and Hæckel described it, and was it likely they could be mistaken in a matter of that kind?

I have known several naturalists lose their temper with me, when I said I believed there was an error about Bathybius, and that Huxley, Hæckel and others were mistaken, or had in some way been led astray. During the

» Pendant la première année de notre croisière, je crus que la raison pour laquelle je ne réussirais pas à voir le *Bathybius*, était qu'il y avait quelque vice dans ma manière d'observer; mais je n'avais pas le moindre doute quant à la réalité de cette substance.

» Il se peut qu'il y ait du protoplasme vivant, à l'état libre, sur le fond de l'océan. Mais je crois que ce protoplasme n'a été encore ni observé, ni figuré, ni décrit.

» J'ajouterai que j'ai pu voir et étudier quelques-uns des échantillons originaux qui ont servi à Huxley et Hæckel et sur lesquels ont été fondées leur descriptions.

» Je pense vous avoir donné tous les renseignements que vous désiriez et je serai heureux de répondre à toute question que vous pourriez me poser ultérieurement.

Bien à vous
JOHN MURRAY. »

Cette pièce, si scientifique et si simple dans ses déductions, si précise dans ses conclusions, si parfaitement exempte de toute préoccupation étrangère à la science pure, nous semble de nature à mettre fin au débat. C'est un procès-verbal authentique, un acte mortuaire en bonne et due forme, où les constatations les plus écrasantes sont réunies pour affirmer l'écroulement définitif du *Bathybius*.

Nous pourrions bien, à ce propos, chicaner quelque peu

first year of our cruise, I myself believed that the reason why I could not observe Bathybius, was that there was something wrong with my methods of observation, not that there was any doubt about the reality of Bathybius. There may be living free protoplasm at the bottom of the sea. But I believe that it has yet to be observed, described and figured.

I may add that I have seen and examined some of the original samples made use of by Huxley and Hæckel in their descriptions.

I hope I have given you the information you have requested, and I'll be happy to answer any further questions you may have to ask.

Yours very truly
JOHN MURRAY.

le professeur Huxley et lui demander comment le même homme qui, devant les bocaux de M. Murray, était si résigné à *avaler la pilule*, a pu dire à Sheffield qu'il suspendait absolument son jugement sur cette matière. Mais nous aimons mieux lui tenir compte de la situation difficile où l'avait placé le Président. C'était déjà beaucoup de sa part que de s'exprimer comme il l'a fait. En revanche, on nous permettra bien de dire que, puisque M. Allman se proposait de discourir sur le protoplasme, il eût bien fait d'aller passer quelques heures dans le laboratoire de M. Murray. Il nous eût ainsi épargné l'ennui de constater qu'un membre éminent de la Société royale de Londres peut quelquefois n'apporter qu'une préparation très insuffisante aux discours d'apparat qu'il se propose d'adresser à l'Association britannique.

Qu'on nous permette, en terminant, une réflexion philosophique. Nous avons entendu M. Allman maintenir en public une hérésie scientifique, sous le prétexte que les observations d'un Huxley ou d'un Hæckel ne se laissent pas ainsi ébranler par le premier venu. Nous avons recueilli le témoignage de M. Murray, constatant que les patrons même du *Bathybius* ont été moins récalcitrants à confesser son effondrement que ceux qui l'avaient admis sans le voir, sur la seule autorité de ces deux noms. Et ce sont précisément les savants de cette école qui nous reprochent, à nous catholiques, la vénération dont nous entourons le témoignage de nos saints, de nos martyrs et de nos docteurs ! Ce sont eux qui, systématiquement, refusent toute créance à des traditions consacrées par les siècles, sous le prétexte que la raison humaine ne doit s'incliner que devant les choses qu'elle a pu soumettre au contrôle d'une expérience directe ! A ces esprits si récalcitrants lorsqu'il s'agit de l'Église, il suffit qu'un des apôtres ordinaires de l'incrédulité ait affirmé quelque chose pour que toute contradiction leur semble inadmissible. On leur dit qu'au fond des océans, on a trouvé la matière s'organisant elle-

même, et satisfaits par une insignifiante expérience de coloration qu'on peut répéter avec tous les corps pourvus de fissures capillaires, ils ne prennent même pas la peine de vérifier si ces masses de matière gélatineuse, de nature soi-disant albuminoïde, contiennent la moindre trace d'un composé charbonneux ! Et quand on leur oppose des expériences formelles, ils répondent en invoquant l'infaillibilité de leurs auteurs préférés.

En aurons-nous fini, cette fois, avec le *Bathybius ?* C'est peu probable ; car rien ne disparaît, en ce monde, de ce que l'erreur a intérêt à conserver. Si le *Bathybius* n'existait pas, il faudrait l'inventer ; telle nous paraît être la formule qui résume le mieux les visées de l'école dont M. Allman s'est fait l'interprète. D'ailleurs, le caractère de cette substance étant précisément de n'avoir aucun caractère, elle offre, par cela même, peu de prise à la contradiction. Il faut donc nous attendre à la voir ressusciter sous une forme quelconque, et si précises que soient les observations d'un Murray ou d'un Buchanan, on trouvera toujours quelque passage par où cette gelée si mobile réussira à s'échapper.

Quoi qu'il en soit, les péripéties par lesquelles le *Bathybius* a déjà passé constituent un chapitre assez intéressant de l'histoire scientifique moderne et les lecteurs de la *Revue* ne nous en voudront sans doute pas d'avoir insisté avec quelque complaisance sur les déconvenues infligées par ce protoplasme à l'école qui avait fondé sur lui de si belles espérances.

A. DE LAPPARENT,
Vice-doyen de la Faculté des Sciences
à l'Univ. Cath. de Paris.

CLAUDE BERNARD

SES DÉCOUVERTES ET SES THÉORIES

En 1813, au moment où Claude Bernard naquit à Saint-Julien, petit village du Rhône, la physiologie expérimentale ne possédait pas encore un seul laboratoire en Europe. Elle était née cependant; Spallanzani et Haller à la fin du dix-huitième siècle, Bichat et Bell au commencement du dix-neuvième, avaient publié, sur les fonctions des êtres vivants, des travaux qui, aujourd'hui encore, doivent être consultés. Mais ces recherches entraient dans le cadre d'autres études, elles ne formaient pas un tout par elles-mêmes, et leurs auteurs, physiologistes de circonstance, étaient par profession botanistes, zoologistes, médecins. Il n'en pouvait être autrement. Comprend-on une physiologie expérimentant sans le secours de l'électricité et de la chimie, ou prétendant établir des lois avant d'avoir bien reconnu le principe fondamental que, dans les phénomènes matériels, les mêmes causes produisent toujours les mêmes effets. Non que cette vérité eût jamais été niée catégoriquement par aucun esprit véritablement scientifique : au contraire, elle dominait déjà depuis longtemps l'astronomie et la physique; mais avant Lavoisier, Scheele, Davy et les autres fondateurs de la chimie, on ne l'appliquait qu'avec

incertitude aux réactions mutuelles des corps et l'on ne s'étonnait point trop, en cette matière, de voir de nouveaux phénomènes déjouer les prévisions fondées sur les résultats précédents. Les transformations étaient livrées aux influences capricieuses des agents d'un autre monde, et l'alchimiste espérait encore, grâce aux conjonctions des astres ou à quelque formule déprécatoire, trouver au fond du creuset son plomb changé en or ou en quelque autre métal précieux. Bientôt cependant la nouvelle science, rompant complètement avec les traditions superstitieuses de l'alchimie, admit, pour ses combinaisons et ses décompositions, des lois aussi constantes que celles des mouvements astronomiques et des phénomènes physiques.

La nature inorganique tout entière se trouvait par là assujettie au principe de la stabilité des effets, et alors seulement on put songer sérieusement à y soumettre également la matière vivante.

L'entreprise était hasardeuse, et il fallait quelque audace pour s'inscrire en faux contre les *idiosyncrasies* et autres causes occultes, qui tiraient les médecins de tous les mauvais pas. Loin d'être asservi aux conditions extérieures, le principe vital était censé avoir la faculté de s'y accommoder ou de regimber contre elles suivant sa lubie. Ce qui lui faisait exercer ou suspendre son action, ce n'était point la nature des sollicitations auxquelles il était actuellement soumis, c'était le but qu'à tel ou tel moment il était supposé devoir atteindre. Rien ne servait à la science de suivre scrupuleusement toute l'évolution d'un individu d'une espèce déterminée : elle n'était point admise à étendre avec certitude ses conclusions aux autres individus spécifiquement semblables ; car chacun d'eux pouvait avoir ses tendances propres qui échappaient à toute prévision.

On commençait heureusement à secouer ces préjugés destructeurs de toute science biologique, quand Claude Bernard se rendit à Paris, en 1834, pour y terminer ses études médicales. Il eut le bonheur d'y trouver un

maître, théoricien profond autant qu'habile expérimentateur. Magendie, malgré son caractère brusque et maussade, fut séduit par l'aménité, les talents et l'adresse du jeune médecin, et se l'attacha comme préparateur dans l'unique laboratoire de physiologie qui fût alors au monde.

Ce nom de laboratoire paraîtrait bien aujourd'hui un peu prétentieux, car ce n'était, en réalité, qu'un misérable réduit, où les deux travailleurs ne pouvaient faire un mouvement sans se gêner l'un l'autre ; et sa dotation ne leur permettait pas toujours de se procurer un lapin ou un chien pour une expérience de vivisection. Mais enfin, comme dans les universités allemandes, anglaises, italiennes, la physiologie n'occupait pas même un pouce de terrain, la France, avec ses quelques mètres carrés, n'en tenait pas moins le haut du pavé, et pouvait se vanter de son professeur et de son laboratoire de médecine expérimentale. La fortune servait donc bien Claude Bernard en cette occasion ; elle le destinait à fonder une nouvelle science appelée à un grand éclat ; désormais dans l'histoire des connaissances humaines, on ne pourra parler de la physiologie, sans mettre auprès de son berceau le nom du préparateur de Magendie.

L'habile direction du professeur du Collège de France fut certainement utile au jeune savant ; mais entre gens d'esprit, maître et élève s'instruisent réciproquement, et l'on pourrait citer des cas où Magendie ne retrouva la clef de ses expériences que grâce à la pénétration de son coopérateur. Magendie montra-t-il toujours assez de générosité ou même de justice? Nous n'avons pas à résoudre cette question ; mais ce qui doit être dit, c'est que Claude Bernard ne sembla jamais s'apercevoir que sa part était bien réduite dans les notes envoyées par son maître à l'Académie des sciences, et que, même après la mort de Magendie, il continua à professer pour lui un respect sans mélange et sans arrière-pensée.

Tous ses moments, du reste, n'étaient pas absorbés par

des travaux de pure collaboration. Ses recherches originales furent nombreuses et importantes ; et trois fois, en 1850, 1852 et 1854, il obtint le grand prix de physiologie expérimentale.

La portée de ces trois mémoires est assez attestée par les discussions mêmes qu'ils soulevèrent dans le monde savant, et qui, pour deux d'entre eux, se prolongent encore à l'heure actuelle. Ces premiers succès lui ouvrirent le chemin des honneurs. En 1854, il était nommé membre de l'Académie des sciences ; en 1855, il succédait à Magendie dans la chaire du Collège de France ; plus tard, les Académies de Saint-Pétersbourg et de Berlin, ainsi que la Société royale de Londres, l'admirent dans leur sein. Vers 1865, la maladie l'arracha temporairement à sa chaire, mais ce fut pour lui l'occasion d'une nouvelle distinction. L'*Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, qu'il composa pour se distraire durant ses loisirs forcés, lui ouvrit les portes de l'Académie française. Il ne fut point longtemps sans entrer au Sénat, corps politique, il est vrai, mais qui à cette époque recherchait le concours des savants d'élite dans les questions spéciales et dans les matières d'instruction publique.

Chez Claude Bernard, le talent était accompagné d'une loyauté, d'une courtoisie, d'une aménité de caractère, qui lui gagnaient tous les cœurs. Croyants et incrédules l'abordaient avec plaisir, et tous appréciaient le charme de ses conversations. L'affectueuse estime qu'il avait partout inspirée se manifesta à sa mort d'une façon éclatante ; à la nouvelle de la maladie qui l'avait frappé, une anxiété très vive saisit les hommes religieux dans l'appréhension que ce savant, si droit envers lui-même, si équitable envers les autres, ne se montrât injuste envers son Créateur, et ne méconnût les droits de cette Église dont il avait, dans son enfance, connu le caractère divin. Ce fut un grand soulagement quand on apprit, par des témoignages irrécusables, qu'une mort chrétienne avait couronné cette vie profon-

dément honnête. Malgré le désappointement causé dans un certain monde par cet acte suprême, la bienveillance l'emporta cependant ; et l'on vit le pouvoir législatif décerner à ce savant chrétien des funérailles célébrées aux frais de la nation.

Claude Bernard avait bien mérité ces honneurs. Ses recherches, que nous allons tâcher d'exposer, ont fait singulièrement avancer la science, et elles ont en outre le privilège d'intéresser les lecteurs qui ne se sont point voués exclusivement à la physiologie. C'est qu'elles se rattachent directement aux principes généraux qui règlent l'action des êtres vivants; or, si la vie est un mystère, ce mystère nous touche de si près que tout homme est entraîné à le scruter, et quiconque nous promet de nous en parler pertinemment, commande invinciblement notre attention. L'esprit d'observation, qui caractérisait notre savant, cette curiosité scientifique qui aiguillonnait sans cesse son génie inventif, ne lui permirent point de circonscrire son activité dans un cadre délimité à l'avance. Il n'en est point en effet des investigations expérimentales comme des recherches de raison pure. Entamez la solution d'un problème de géométrie ou d'analyse, vous ne pouvez, à moins de changer de sujet, trouver autre chose que ce que vous avez placé vous même soit explicitement, soit implicitement, dans les données : vous êtes en présence d'un nombre déterminé d'éléments, et, quoi que vous fassiez, le sujet choisi ne vous en fournira pas un de plus. Dans les sciences expérimentales, au contraire, vous êtes en présence d'objets revêtus de propriétés et de forces que vous ne leur avez point données et que vous ne pouvez leur ôter. Les différentes énergies latentes dans la matière n'attendent qu'une circonstance favorable pour se manifester,et souvent l'expérimentateur,qui a disposé ses appareils et ses réactifs en vue d'un résultat, se trouve tout à coup devant un phénomène complètement inattendu. Il est alors des observateurs qui ont les yeux de l'esprit dénués de toute espèce d'accommodation ; ils ne

voient bien qu'à une distance déterminée ; tout objet qu'ils n'auront pas préalablement placé tout juste à leur distance visuelle, leur échappe ou leur apparaît d'une manière confuse ; et dans cette dernière éventualité, loin d'attribuer la confusion à leur idée, ils transportent ce défaut à l'objet lui-même et s'écrient que leur expérience a été troublée ; comme si le jeu de la nature n'était pas toujours d'une régularité parfaite, comme si les phénomènes les plus complexes n'étaient point soumis, dans leurs moindres détails, à des lois d'une exactitude mathématique. D'autres savent accommoder leur vue à un objet qui se présente inopinément ; mais, sans confiance en eux-mêmes, ils renoncent dès l'abord à découvrir la force cachée qui leur a donné des signes non équivoques de son existence.

Claude Bernard n'en était pas là : au milieu d'une recherche, il lui arrivait d'abandonner subitement son plan d'opération. Quelque chose d'imprévu venait d'apparaître ; son regard suivait curieusement le développement du nouveau phénomène. Si le phénomène cessait, il essayait de le reproduire en se replaçant dans des conditions aussi semblables que possible à celles de la première apparition ; réussissait-il, c'était déjà un grand pas de fait, car celui-là domine déjà la nature qui peut à son gré la forcer d'agir. Allant plus loin encore, il cherchait à relier cet effet à des causes plus générales ; heureux s'il pouvait l'expliquer par une force connue, et se rapprocher ainsi de l'idéal de toute science : un petit nombre de causes pour une grande multiplicité d'effets.

Des découvertes, où la fortune prit une si large part, ont naturellement peu de liaison entre elles, et je ne crois pas qu'un écrivain doive s'ingénier à mettre un ordre artificiel là où il n'y en a point de naturel. Il doit être vrai, non seulement par la parfaite exactitude des allégations, mais encore par la complète conformité de son allure avec celle de l'objet traité. On me pardonnera donc, si, à défaut d'autres qualités, mon exposition sait éviter les groupements

faux, les transitions recherchées, et demeure rebelle à tout enchaînement, excepté dans les cas où la raison, et non le hasard, a présidé à la découverte des phénomènes. A l'exposé des recherches de Claude Bernard, objet de cette première partie, succédera, dans un second article, une critique des théories générales que ce savant a déduites des faits observés.

I

DÉCOUVERTES

Le Curare.

En dépit du contact des Européens, les peuplades sauvages des deux Amériques n'ont pas encore dépouillé leurs instincts sanguinaires, et la nature leur fournit malheureusement de quoi les satisfaire. Leurs plantes ne distillent pas seulement des parfums, mais aussi des poisons d'une redoutable efficacité. Les tribus de l'Amérique du Sud emploient de préférence, pour empoisonner leurs flèches, une substance dont le nom a été rendu phonétiquement par les sons *woorara*, *curare*, *urari*, etc. En France, le mot curare a prévalu. Seuls les prêtres possèdent le secret de la préparation de ce poison, et ils en entourent la confection de cérémonies religieuses et d'un luxe de rites capable d'impressionner fortement la multitude. Aussi le curare est-il resté une substance mystérieuse, même pour nos savants. A-t-il une origine végétale ou animale? Personne ne le sait avec certitude; et tout le curare, employé dans nos laboratoires, nous vient encore aujourd'hui des Indiens limitrophes du Brésil. S'il faut se fier à un mémoire, envoyé l'année dernière par le Dr Jobert à l'Académie des sciences de Paris, les physiologistes seraient bien près d'être délivrés de cette sujétion ; ce voyageur assure avoir vu les Indiens préparer le curare sous ses yeux, et il donne le détail des ingrédients qui ont servi à le composer. Ce n'est pas la pre-

mière recette rapportée par les voyageurs ; l'avenir nous montrera si celle-ci vaut mieux que les autres.

Tel que nous le recevons, le curare se présente en petites masses solides, d'un brun noirâtre ; il se dissout dans l'eau et agit en solution même très diluée. Un gramme de curare dissous dans deux litres d'eau donne un liquide dont un centimètre cube, distribué entre dix grenouilles, les paralyse en moins d'un quart d'heure ; ce qui revient à dire qu'un gramme de curare peut presque suffire, pour toute sa vie, à un physiologiste qui ferait de ces vertébrés une étude toute spéciale ; car, avec cette quantité, il pourrait en empoisonner vingt mille. Les voyageurs ont décrit les phénomènes qui accompagnent la mort provoquée par ce poison. Oiseaux, quadrupèdes, hommes, frappés d'une flèche empoisonnée tombent complètement paralysés. Les Indiens, pour qui l'arc est un compagnon d'enfance, savent atteindre l'oiseau au milieu de son vol. L'animal atteint continue souvent sa course rapide pendant une à deux minutes comme s'il n'était point blessé ; puis tout à coup il tombe comme frappé de la foudre. Plus d'un Européen a vu aussi mourir des guerriers qui avaient été percés d'une de ces flèches. Les blessés passaient de la vie à la mort sans aucune de ces contorsions déchirantes, suites ordinaires de l'inoculation des autres poisons ; ils ne poussaient aucun cri de douleur, et semblaient s'endormir d'un sommeil tranquille. C'était une illusion, et Claude Bernard fut le premier à démontrer combien était décevante, sous ce rapport, l'action du poison américain. Non, le patient ne perd point la conscience de son état ; il souffre, mais il ne peut ni manifester la douleur, ni se dérober à la mort qu'il voit avancer à pas lents. Il a fallu une sagacité extraordinaire pour surprendre la sensibilité dans un être sans mouvement, et, comme de mémoire d'homme, aucun sauvage empoisonné par le curare n'est revenu de sa léthargie pour raconter ses impressions, le savant se trouvait seul vis-à-vis du problème ; nous allons voir quel procédé il employa pour le résoudre.

C'est en réfléchissant sur la manière dont les substances nutritives, médicamenteuses ou toxiques exercent leurs effets dans le corps vivant, qu'il arriva pour le curare à trois conclusions d'une immense importance. Un liquide introduit dans le corps soit par les voies digestives, soit par des injections sous-cutanées, ce qui est le cas pour le curare, ne peut exercer une influence universelle sur l'économie qu'à la condition, ou d'agir sur le système nerveux central, ou d'être mis en rapport avec chaque élément anatomique par la circulation capillaire. Ainsi la strychnine, appliquée à l'extrémité périphérique d'un nerf sensitif, peut déterminer un tétanos dans tout le corps, parce que, par l'intermédiaire du nerf, elle agit sur la moelle épinière dont les cellules sensitives, réagissant les unes sur les autres, déterminent un ébranlement général. Dans la nutrition, au contraire, le liquide assimilable doit être transporté par la circulation au contact de chaque partie élémentaire des tissus pour exercer son influence réparatrice. Or le curare se comporte à la manière, non de la strychnine, mais des liquides assimilables. Pour appuyer cette première partie de sa thèse, Claude Bernard trouva une preuve aussi simple que démonstrative. Il liait l'artère abdominale chez une grenouille au point où ce vaisseau se bifurque pour fournir un rameau à chacun des deux membres postérieurs, puis il injectait le poison. Après quelques instants, la tête, le tronc, les membres antérieurs étaient paralysés ; seuls, les deux membres postérieurs répondaient encore aux excitations portées sur le nerf sciatique. Il fit plus encore. Au lieu de lier l'artère abdominale, il posait une ligature sur un seul des rameaux qui s'en détachent ; alors après injection du poison, le membre postérieur correspondant échappait seul à la paralysie qui envahissait le membre symétrique aussi bien que le reste du corps. En avançant ainsi de proche en proche, il trouva que si on lie une artère à l'entrée d'un muscle, ce muscle continue à manifester sa contractilité quand on excite le nerf qui s'y rend. Il était donc

constaté que les organes ne pouvaient être affectés par le curare, si celui-ci n'y était transporté par la circulation.

Poursuivant ces expériences, Claude Bernard arriva à une seconde conclusion d'une valeur plus considérable encore, car elle a précisément trait à la persistance de la sensibilité chez les animaux curarisés. Plaçons une ligature, comme précédemment, sur l'artère abdominale, injectons le poison et, la paralysie de la partie supérieure du corps nettement constatée, excitons par une pince électrique la peau d'un des membres antérieurs ; ce membre restera sans mouvement, mais, phénomène remarquable, les membres postérieurs commenceront à s'agiter, et si l'excitation est suffisante, les contractions ainsi provoquées pourront être extrêmement énergiques. Nul doute donc, l'animal a senti dans le membre antérieur, mais les facultés motrices des nerfs étant éteintes dans ce membre, il n'a pu répondre que par le membre postérieur ; d'où il résulte que le système nerveux sensitif jouit, malheureusement, d'une véritable immunité par rapport au curare, et que celui-ci n'est point un anesthésique, comme les apparences l'avaient fait croire. L'homme auquel le poison a été inoculé, conserve le plein usage de ses facultés mentales, et reste impressionnable à la douleur ; mais il lui est impossible d'en donner le moindre signe, parce que le système nerveux a perdu la faculté de provoquer aucune contraction dans le système musculaire.

Cette seconde conclusion est confirmée et éclaircie par la troisième. Nous avons vu que le curare n'agit ni sur les centres nerveux ni sur les nerfs sensitifs ; il semblerait qu'il n'agit pas non plus sur les nerfs moteurs, car, nous l'avons dit, si on lie l'artère à l'entrée d'un muscle, le cordon nerveux qui s'y rend est encore capable d'y provoquer des mouvements, et cependant ce cordon nerveux a été mis en rapport avec le curare sur tout son trajet depuis la moelle épinière jusqu'à la région de la ligature. A première vue, l'interprétation du phénomène paraitrait bien simple :

il n'y aurait qu'à supposer que l'action élective du curare se porte uniquement sur la fibre musculaire qui perdrait sa contractilité. Cette explication cependant ne peut être admise. En excitant en effet le muscle, non plus par l'intermédiaire physiologique du nerf, mais par une action portée directement sur l'organe lui-même, Claude Bernard y a déterminé des contractions manifestes. Ces expériences directes sur le muscle avaient été provoquées par un fait singulier, observé au cours des recherches précédentes.

En ouvrant la poitrine de grenouilles curarisées, le savant avait vu avec surprise qu'en dépit de la paralysie générale du corps, le cœur continuait à battre. Or, auparavant déjà, il avait cédé au désir qu'éprouve tout physiologiste de scruter les mystères des mouvements cardiaques, et il penchait à attribuer les contractions automatiques du cœur, non au système nerveux, mais aux fibres musculaires elles-mêmes. La persistance des mouvements cardiaques chez la grenouille curarisée vint le confirmer dans son opinion. Car si les nerfs du cœur étaient l'origine des battements, d'où venait que ces nerfs fussent les seuls respectés par le curare? Au contraire, si la fibre musculaire cardiaque se mouvait automatiquement, tout s'expliquait, à la condition bien entendu qu'on prouvât pour les autres fibres musculaires du corps la même immunité relativement à ce poison. De là les expériences directes faites sur les muscles.

Cependant, si elles donnèrent un appui inattendu à la théorie cardiaque de notre physiologiste, elles soulevaient en même temps une nouvelle difficulté. En dehors des centres nerveux, des fibres sensitives, des cordons moteurs, des fibres musculaires, qui tous échappaient à l'action du curare, on était réduit à se demander quel était l'élément atteint par le poison. Il fallut bien admettre que c'étaient les éléments périphériques des nerfs moteurs, ces terminaisons nerveuses appliquées directement sur la fibre musculaire et affectant, chez les vertébrés supérieurs, la forme de *plaques terminales*. Aussi Claude Bernard com-

paraît, à bon droit, le curare à un bistouri d'une acuité extrême, conduit par une main d'une sûreté infaillible, et allant exciser dans les muscles les éléments périphériques nerveux sans léser le moins du monde la fibre musculaire.

Or, depuis Haller, une controverse avait surgi qui semblait devoir à jamais rester indécise par le défaut d'un tel instrument. Haller avait divisé les tissus propres à la vie animale en deux grandes classes : aux uns, il attribuait la *sensibilité*, c'étaient les nerfs ; aux autres, la *contractilité*, qu'il appelait irritabilité, c'étaient les muscles. La contractilité des muscles était, selon lui, indépendante de la sensibilité des nerfs, en ce sens du moins qu'un muscle pouvait se contracter en dehors de l'influence nerveuse. Une école contraire s'était formée, ayant pour représentants Whytt, Lary et d'autres, et celle-là prétendait que la distribution des fonctions rendait les muscles dépendants des nerfs. Jamais on ne pouvait, à leur avis, observer une contraction musculaire dont le stimulant direct n'eût pas été l'action nerveuse. On avait beau isoler les muscles, les fibres musculaires mêmes et les dépouiller de leurs nerfs, puis y faire naître des contractions par le pincement ou l'application de l'électricité ; les physiologistes de cette école répondaient qu'on voulût bien d'abord exciser les terminaisons des nerfs moteurs, qu'alors ils se rendraient ; mais qu'à défaut de cette condition, tous les arguments manquaient de base, tous les genres d'excitation atteignant aussi bien ces terminaisons nerveuses que les éléments musculaires eux-mêmes. Exciser les terminaisons nerveuses avec la certitude de les avoir extirpées toutes et de n'avoir point lésé la fibre musculaire, quel histologiste oserait y songer ? Le curare accomplit maintenant, entre nos mains, ce qui semblait défier l'habileté humaine, mais il ne faut point oublier que cet instrument si parfait nous le devons à Claude Bernard. Avant lui, le curare ne se distinguait des autres poisons que par la violence de ses effets ; il fallut toute la pénétration de son esprit pour y découvrir une vertu élective aussi singulière.

L'importance de ce résultat était considérable. A l'exception des infusoires, des polypes et des autres représentants les plus infimes du règne animal, chez qui elle fait défaut, la fibre musculaire, dans les êtres mieux doués, envahit tous les organes de l'économie : elle entoure et elle suit le tube digestif ainsi que les vaisseaux sanguins, elle forme l'élément actif de l'appareil de locomotion, et on la retrouve jusque dans les glandes, accélérant ou ralentissant les sécrétions. L'influence de ses propriétés ne peut donc manquer de se faire sentir dans toutes les parties de la physiologie, et cette vérité est plus évidente encore, s'il s'agit d'une propriété aussi fondamentale que l'indépendance de la fibre musculaire à l'égard de la fibre nerveuse. Déjà nous avons vu quelle lumière cette indépendance jette sur la théorie des mouvements cardiaques : il est à supposer qu'elle éclaircira bien d'autres mystères.

L'oxyde de carbone.

Il est un autre poison qu'il n'est pas nécessaire, comme le curare, d'emprunter aux Indiens de l'Amérique et dont on ne peut accuser Claude Bernard d'avoir eu le monopole. Chacun l'obtient à volonté et même souvent contre son gré. Quand les cheminées de nos foyers ont un tirage insuffisant, les appartements se remplissent de vapeurs délétères, qui peuvent être mortelles, si elles sont abondantes et si le séjour y est trop prolongé. Ces vapeurs sont de deux sortes. Les unes proviennent de la combustion complète d'une partie du charbon et leurs molécules sont formées d'un atome de carbone saturé par deux atomes d'oxygène ; c'est *l'acide carbonique*. Une controverse non encore terminée s'est élevée sur la question de savoir si l'acide carbonique est véritablement un poison. Certes on ne peut pas vivre dans une atmosphère d'acide carbonique pur ; mais on ne peut pas vivre non plus dans l'eau, ce qui ne prouve pas que l'eau soit un poison ; et de fait, l'opinion la plus communément

acceptée est que l'acide carbonique est nuisible seulement parce qu'il diminue la provision d'oxygène nécessaire à la vie. La seconde espèce de vapeurs provient d'une autre portion du charbon qui n'a pas trouvé autour d'elle assez d'oxygène pour être brûlée parfaitement. Aussi les molécules de ce gaz, appelé *oxyde de carbone*, ne contiennent-elles pour chaque atome de carbone, qu'un atome d'oxygène. Un chimiste pourrait être tenté d'assimiler l'influence pernicieuse de l'oxyde de carbone à celle de l'acide carbonique, et de tout ramener à une asphyxie par défaut d'oxygène. Le carbone, imparfaitement saturé par un seul atome d'oxygène, en emprunterait un second au sang qui par là deviendrait impropre à ses fonctions. Dès 1846, Claude Bernard entreprit des expériences sur les effets physiologiques de l'oxyde de carbone : quel ne fut pas son étonnement de trouver, dans le cas d'empoisonnement par ce gaz, le sang plus rutilant qu'à l'état normal, et cela non seulement dans les artères, mais aussi dans les veines ! L'hypothèse mentionnée plus haut ne peut conséquemment être admise ; car si l'oxyde de carbone se changeait en acide carbonique aux dépens de l'oxygène du sang, le phénomène contraire devrait se produire, et le liquide artériel lui-même aurait la couleur noirâtre habituelle au liquide veineux. Mais pourquoi le sang était-il rutilant ? Dix ans se passèrent sans que ni Claude Bernard, ni aucun physiologiste trouvât la réponse à cette question. D'autres occupations d'ailleurs avaient distrait le savant français de ce genre de recherches. En 1856, traitant au Collège de France des effets des substances toxiques et médicamenteuses, il se sentit poussé à reprendre l'étude de l'oxyde de carbone, et l'expérimentation étant venue détruire l'une après l'autre les conjectures les plus plausibles *à priori*, il finit par s'arrêter à cet ensemble d'idées paradoxales, que la rutilance du sang était ici compatible avec l'absence d'oxygène, que par le fait de l'oxyde de carbone l'atmosphère ambiante allait s'enrichissant en gaz respirable et

que cependant l'animal y périssait par une véritable asphyxie. Si cette hypothèse était peu en harmonie avec les idées reçues, elle présentait cependant un caractère très logique dès qu'on supposait à l'oxyde de carbone la propriété de rendre le sang rutilant et une affinité telle pour le liquide nourricier qu'il y déplaçât même l'oxygène. Or, ces caractères de l'oxyde de carbone sont aisés à démontrer par l'expérience. Placez du sang veineux sous une cloche remplie d'oxyde de carbone ; il devient bientôt rutilant et l'atmosphère de la cloche, examinée après un temps convenable, attestera une absorption du gaz primitif et un dégagement d'oxygène. Hoppe Seyler a prouvé depuis que l'oxyde de carbone pouvait même faire un composé chimique avec la substance colorante du sang, et, à la suite de ses travaux, l'*hémoglobine oxycarbonée* a pris place à côté de l'*hémoglobine oxygénée*. C'est peut-être le lieu de faire remarquer la simplicité des expériences par lesquelles Claude Bernard résolvait les problèmes les plus importants de la science. Peut-être le physiologiste français fut-il redevable de cette précieuse faculté à la pauvreté même de son laboratoire. A défaut d'instruments et d'appareils compliqués, il fallait bien se contenter du peu qu'on avait, et cette nécessité forçait le savant à atteindre du premier coup la simplicité d'exécution, ce terme final où souvent l'on n'arrive qu'après avoir tenté les combinaisons les plus complexes.

Entre les mains de notre savant, cette découverte théorique acquit bientôt une valeur pratique au point de vue de la mesure des gaz du sang. On sait combien désagréable est l'emploi du vide pour la détermination des volumes gazeux dissous dans un liquide. Cette méthode, Claude Bernard la remplaça, pour l'oxygène du sang, par celle de la *substitution de l'oxyde de carbone*. Il suffit de placer le sang sous une éprouvette remplie préalablement d'oxyde de carbone ; ce gaz déplace l'oxygène qu'on mesure à la fin de l'expérience. Il reste bien, il est vrai, une petite quan-

tité d'oxygène unie encore au liquide sanguin, mais des déterminations comparatives, faites par les deux méthodes, ont montré qu'elle était parfaitement négligeable et ne pouvait influer en rien sur les résultats subséquents.

Le suc pancréatique.

Le mécanisme de l'empoisonnement par le curare et par l'oxyde de carbone, tel qu'il a été exposé par Claude Bernard, n'a rencontré que des admirateurs. Il n'en a pas été de même des fonctions assignées par lui aux deux glandes volumineuses, qui, situées au dehors du tube digestif, y déversent cependant le produit de leur sécrétion. De l'aveu de tous, une partie des observations faites par lui sur le pancréas et le foie, est définitivement acquise à la physiologie ; mais d'autres conclusions, et celles précisément auxquelles il attachait le plus de prix, sont encore actuellement un sujet de contestation et rencontrent de jour en jour moins de faveur.

Abstraction faite d'une petite proportion de sels minéraux, servant de condiments ou mêlés accidentellement à des matières nutritives, les aliments peuvent se ramener à trois groupes de substances : les matières azotées ou albuminoïdes, les féculents et les graisses. Mais les aliments ne nourrissent qu'à la condition d'être absorbés et d'entrer dans le torrent circulatoire ; et cependant, le tube digestif, dans lequel ils sont primitivement reçus, ne communique par aucune ouverture avec le réseau sanguin. Ce dernier, en effet, constitue un cercle fermé sur lui-même ; et, quant au tube digestif, si ses parois sont percées sur leur trajet, c'est uniquement pour recevoir les liquides élaborés par les glandes et nullement pour donner une issue aux substances destinées à l'assimilation. Les substances nutritives doivent donc se diffuser à travers l'épithélium même du canal alimentaire ; d'où résulte pour elles la nécessité d'une profonde transformation, qui s'accomplit sous l'influence des

différents sucs digestifs. Les fibres de la viande, par exemple, sont insolubles, et c'est le cas de toutes les matières albuminoïdes que nous ingérons, gluten des céréales, caséine du lait, etc. Le suc gastrique est chargé de les rendre solubles en les transformant en *peptones*, de même composition chimique que les albuminoïdes, mais s'en distinguant par leur solubilité. Les féculents, qui constituent en grande partie la substance nutritive de la pomme de terre, des légumes et des céréales, sont insolubles aussi et ont besoin d'être changés en sucre ou *glucose*. C'est l'office du suc salivaire et des liquides renfermés dans la première portion de l'intestin grêle. Restent les graisses. Elles résistent à l'action de la salive et du suc gastrique, et passent inaltérées à travers la bouche, l'œsophage et l'estomac. Cependant, arrivées dans l'intestin grêle, il est clair qu'elles en franchissent les parois ; car, chez les animaux en pleine digestion, les vaisseaux chylifères de cette région se remplissent d'un liquide dont la couleur laiteuse est un signe non équivoque de la présence de matières grasses. Celles-ci s'y trouvent à l'état d'émulsion, c'est-à-dire, divisées en globules d'une petitesse extrême flottant dans le chyle. Tout microscopiques qu'ils sont, on ne s'explique point encore comment ces globules peuvent réussir à se transporter d'un côté de l'épithélium à l'autre ; car, s'il existe des pores dans cet épithélium, ils doivent être d'un diamètre considérablement plus petit que celui des globules de l'émulsion, puisqu'ils ont échappé jusqu'à ce jour aux plus forts grossissements de nos microscopes. Quoi qu'il en soit, l'épithélium présente moins de résistance aux émulsions qu'aux graisses ordinaires. M. Béclard a montré que, s'il faut une pression de vingt centimètres de mercure pour faire transsuder de l'huile d'olive à travers une peau de baudruche, il suffit de huit à dix centimètres pour une émulsion d'huile d'amandes douces, et de six seulement pour une émulsion plus parfaite encore, le jaune d'œuf, constitué comme on le sait par de fines gouttelettes d'huiles en suspension dans une matière albuminoïde liquide.

L'agent physiologique de l'émulsion des graisses restait cependant inconnu. En 1848, Claude Bernard attribua cette fonction à un liquide organique assez négligé jusque-là, le suc pancréatique. Le préparateur de Magendie était occupé de l'examen des organes abdominaux d'un lapin en pleine digestion, quand tout à coup son attention fut attirée par ce fait singulier que, chez cet animal, les vaisseaux chylifères prenaient un aspect lactescent à un point beaucoup plus bas que chez le chien. A quoi tenait cette différence? Procédant à l'examen anatomique des organes, il trouva que la région où les vaisseaux lactescents commençaient à apparaître coïncidait avec l'abouchement du canal pancréatique dans l'intestin ; tandis que chez le chien cet abouchement est voisin du pylore, chez le lapin, au contraire, il est situé à plus de trente centimètres à partir de l'orifice pylorique ; ce fut pour l'observateur un trait de lumière. Il n'hésita point à rapporter l'aspect lactescent des chylifères à l'action du suc pancréatique, qui avait dû émulsionner les graisses à leur passage dans l'intestin. De là à constater expérimentalement cette nouvelle propriété, il n'y avait qu'un pas. Une fistule placée dans le conduit pancréatique lui fournit une certaine quantité de suc, qu'il agita avec de l'huile, du beurre et d'autres matières grasses. Il obtint une fine émulsion, persistant des heures entières, plus longtemps par conséquent qu'il n'était nécessaire pour permettre à la graisse d'effectuer son passage à travers les parois du tube intestinal.

La salive, au contraire, la bile, le suc gastrique, essayés tour à tour, ou bien se montraient inactifs ou bien produisaient une émulsion transitoire, incapable d'expliquer le transport des graisses dans les vaisseaux chylifères. Ces expériences furent répétées devant une commission nommée par l'Académie des sciences, et jugées si concluantes, qu'on décerna à l'auteur le grand prix de physiologie expérimentale de 1850. Dans leurs rapports, MM. Dumas et Magendie firent à l'auteur les compliments les plus flat-

teurs sur une découverte qui, par l'explication de la digestion des graisses, venait combler une des lacunes les plus regrettables de la physiologie.

Le jugement de l'Académie fut loin de rencontrer l'adhésion universelle. En Allemagne, en Angleterre, en France même, on éleva des doutes sur la nouvelle fonction pancréatique, et aux expériences de Claude Bernard on opposa des observations contraires. Les différentes assertions du lauréat de l'Académie peuvent se résumer dans les deux propositions suivantes : le suc pancréatique a le pouvoir d'émulsionner les graisses ; ce même suc est dans l'animal vivant l'unique ou du moins le principal agent physiologique de la digestion des matières grasses. De ces deux propositions, la première fut emportée de haute lutte : Claude Bernard montra que toutes les expériences apportées par ses contradicteurs s'expliquaient par la mauvaise qualité du suc pancréatique employé. Ce liquide est en effet très prompt à s'altérer et, à moins d'user des précautions indiquées par celui qui, le premier, parvint à le recueillir pur, on risque fort de se tromper dans les expériences. On eut aussi le mauvais goût de soulever une question de priorité en faveur du physiologiste allemand Eberle. Eberle, sans doute, dit très expressément dans son Traité de la digestion, publié en 1834, que l'eau où l'on a fait macérer des débris de pancréas jouit de la propriété d'émulsionner les graisses. Mais cette observation se présente dans son livre comme un de ces faits isolés, cités pour mémoire, dont on n'aperçoit pas l'importance. S'il eût cru lui-même avoir trouvé le mécanisme de la digestion des graisses, d'où vient qu'il n'en dit rien alors ? Son expérience avait à peine laissé quelque trace dans la science, et Claude Bernard a pu affirmer sans surprendre personne qu'il n'en avait eu aucune connaissance. Eberle est ici hors de cause, car ce n'est point lui qui a soulevé ce débat irritant ; mais ceux-là nous semblent à blâmer qui, pour attribuer la gloire à un premier observateur

plus ou moins heureux, en dépouillent le savant perspicace et laborieux qui non seulement découvre une seconde fois le fait oublié, mais en établit la démonstration et en montre les conséquences. C'est donner trop beau jeu à l'ardeur inquiète qui livre au public, même avant de l'avoir bien conçue, toute idée présentant un certain air de nouveauté. Une vérité n'est pas acquise au genre humain par le fait seul qu'on l'a énoncée, il faut la prouver. Des principes faux peuvent conduire au vrai ; mais serait-ce une gloire, pour un savant, d'arriver à la vérité par une voie semblable? Dans les découvertes il ne faut pas récompenser le pur hasard, mais l'esprit d'observation et la sûreté logique des conclusions. Que dans son cabinet, le savant se permette les vues les plus hardies, et laisse aller son esprit aux conjectures les moins autorisées ; c'est la condition du succès, et qui n'a jamais opéré qu'à coup sûr n'a jamais rien trouvé ; mais qu'il se garde de publier à tout hasard ses spéculations dans l'espoir que pour cent prédictions fausses il aura bien la chance de rencontrer une fois la vérité.

La seconde conclusion de Claude Bernard fut plus vivement contestée et avec plus de succès. Les principales preuves apportées par le jeune savant en faveur de la digestion exclusive des graisses par le pancréas avaient été l'apparition, chez le lapin, des chylifères lactescents au-dessous seulement de l'embouchure du conduit pancréatique ou *canal de Wirsung*, et les selles graisseuses, suivies d'amaigrissement, observées sur des chiens dont le pancréas avait été plus ou moins atrophié. Eisenmann était venu corroborer ces arguments par des observations personnelles d'amaigrissement à la suite d'affections pancréatiques. A la première preuve de Claude Bernard, Donders, Lenz, Bidder et Schmidt ont opposé qu'ils avaient vu le liquide laiteux apparaître dans les chylifères au-dessus du canal de Wirsung. Longet et Schiff ont combattu la seconde preuve en citant de nombreux cas d'obésité avec in-

duration pancréatique. Au reste les adversaires du savant français ne manquèrent pas d'accumuler les preuves directes de la digestion des graisses en dehors du liquide pancréatique. Sans vouloir discuter ici les expériences de Bérard et de Colin sur la présence de la graisse en quantité normale dans le canal thoracique de bœufs chez qui toute communication entre l'intestin et le canal de Wirsung était interceptée, expériences rejetées par Claude Bernard à cause de l'existence fréquente de conduits pancréatiques différents de celui de Wirsung, rappelons seulement certains faits contre lesquels on ne peut soulever la même objection. Bien loin d'être une propriété exclusive du suc pancréatique, la propriété d'émulsionner les graisses a été observée par Schiff dans la salive sub-linguale du chat, par Bidder et Schmidt dans la bile, par Blondlot dans le chyme. De plus, d'après Bidder et Schmidt, une fistule biliaire empêche en partie l'absorption des matières grasses, et, fait plus concluant encore, Frerichs, expérimentant sur des chiens préalablement soumis à un jeûne prolongé et incapables par conséquent de sécréter du suc pancréatique, lequel se produit uniquement à l'époque de la digestion, leur a lié l'intestin au-dessous des orifices biliaires et pancréatiques, et après avoir injecté de l'huile d'olive dans la portion inférieure à la ligature, a pu constater au bout de deux ou trois heures l'apparition du liquide lactescent dans les vaisseaux chylifères. Le suc intestinal partage donc la propriété d'émulsionner les graisses. Dans son second mémoire sur le pancréas, publié en 1856, c'est-à-dire huit ans après l'apparition du mémoire couronné, Claude Bernard reconnut n'avoir pas opéré sur le liquide de l'intestin à l'époque de ses premières expériences. Aussi, à la suite de tous ces démêlés, fut-il moins absolu dans ses conclusions et se contenta-t-il de revendiquer pour le suc du pancréas la propriété exclusive d'émulsionner les graisses dans les milieux acides comme le suc gastrique qui imprègne les aliments au sortir de

l'estomac. Même réduite à ces termes, la thèse de Claude Bernard se concilie difficilement avec quelques-unes des observations rapportées ci-dessus, notamment celles de Bidder et Schmidt et celles de Blondlot. En tout état de cause, ce qu'on peut dire avec certitude, c'est que si l'on avait pu prévoir toutes ces contradictions, l'Académie des sciences se fût moins empressée de couronner les recherches sur le pancréas et les rapporteurs auraient tempéré quelque peu leurs formules élogieuses.

Glycogénie.

L'Académie a mieux servi la science en récompensant par le prix de physiologie de 1852 les travaux de Claude Bernard sur une nouvelle fonction du foie ; non point que les théories développées dans ce mémoire aient été mieux accueillies dans le monde savant, loin de là ; mais pour les défendre et justifier un prix déjà reçu, le lauréat de l'Académie a été, pour ainsi dire, forcé de trouver une autre fonction hépatique, plus intéressante et bien mieux prouvée que la première.

Dès le début de sa carrière scientifique, le jeune expérimentateur s'était proposé pour objet de ses recherches l'histoire des aliments. Sous quelle forme sont-ils introduits dans l'économie, quelles métamorphoses y subissent-ils, à quel usage sont-ils destinés, de quelle manière enfin sont-ils éliminés ? Les albuminoïdes étant déjà suffisamment connus, son attention se porta sur les hydrocarbonés, c'est-à-dire, les féculents et les sucres. Il ne se sentait point disposé à entamer l'histoire des graisses, alors enveloppée de trop de mystères ; car les recherches sur le foie, quoique couronnées postérieurement au mémoire sur le pancréas, ont une origine plus ancienne, et, comme nous l'avons vu, ce fut un simple hasard d'observation qui fut le point de départ des travaux relatifs au suc pancréatique.

Chez les plantes, l'histoire du sucre semblait assez claire.

La jeune betterave, par exemple, puise dans la terre et l'atmosphère l'hydrogène, l'oxygène et le carbone dont elle forme l'amidon contenu dans les cellules de son tubercule. Grâce à la présence d'un ferment, cet amidon se change en saccharose ou sucre de canne par l'annexion d'une molécule d'eau. La plante traverse son repos hibernal avec sa provision de saccharose dont jusqu'à présent elle n'a guère profité ; c'est un simple dépôt, une réserve d'aliments. Il n'y a là rien d'étrange, car les sucres ne servant point à la formation des tissus, et leur fonction étant de fournir du calorique par leur combinaison avec l'oxygène dans l'acte de la fermentation, la plante n'en a que faire pendant sa période de quasi-léthargie. Au printemps, l'organisme se réveille. L'époque de la floraison et de la fructification est arrivée ; tout est en travail, et la sève circule plus abondante et plus rapide. Ce déploiement d'activité réclame une augmentation de chaleur ; aussi le sucre subit-il alors de profondes modifications. Incapables de fermenter directement, les saccharoses sont transformées en glucoses par l'addition d'une nouvelle molécule d'eau. Cette métamorphose se fait grâce à un ferment azoté, la diastase, que la nature, dans sa prévoyante sollicitude, fait apparaître dans la plante au sortir de l'hiver. De plus, la prévoyance s'unissant ici avec une sage économie, cette même diastase possède aussi la propriété de provoquer la fermentation du glucose et sa transformation en alcool et acide carbonique. Aussi la provision de sucre s'épuise-t-elle rapidement, et l'industriel, qui attendrait la germination pour exprimer le jus sucré des betteraves, verrait toutes ses espérances trompées.

Chez les animaux, l'histoire du sucre n'avait pas été poussée aussi loin. Qu'ils ne puissent former aucun hydrocarboné à l'aide des seules substances inorganiques, le fait était certain ; on les croyait de plus incapables de retirer le sucre des substances azotées par voie de dédoublement. Ils étaient donc dépendants des végétaux pour les sucres aussi bien que pour les albuminoïdes, et il leur fallait un régime

sucré ou au moins amylacé pour renouveler leur provision de glucose. Deux problèmes restaient à résoudre : où se fait la transformation de la fécule et de la saccharose en glucose ? Où se consume le glucose? Claude Bernard prouva que la transformation en glucose assimilable ne s'opère que dans le tube digestif.

En effet, si l'on injecte directement de la saccharose dans les vaisseaux sanguins, cette substance reste complètement inaltérée, ne pénètre point dans les tissus, et est éliminée poids pour poids par les émonctoires naturels. Au contraire la saccharose introduite dans l'appareil digestif se transforme en glucose et se brûle ensuite dans les tissus : car on ne la retrouve point dans les liquides excrétés par le corps. Ce premier problème résolu, il entama le second, et chercha où se perd le glucose. Il obtint un résultat des plus singuliers. Au lieu de l'organe consommateur du sucre, il se fit qu'il crut avoir trouvé un organe producteur du sucre. La marche même de son investigation l'amena à cette curieuse issue. Il examinait le sang à l'entrée et à la sortie des différents organes : si pour l'un deux, la proportion de sucre était notablement plus faible à la sortie qu'à l'entrée, le problème était résolu et l'organe en question était le grand consommateur de glucose. Or, contre toutes ses prévisions, il arriva que pour le foie, le sang était plus riche en sucre à la sortie qu'à l'entrée. Le foie, comme on le sait, est placé entre deux systèmes de veines : le sang noir de l'estomac et des autres viscères abdominaux afflue par différents canaux vers une grosse veine appelée la veine porte ; cette dernière pénètre dans le tissu hépatique et au lieu de se déverser à son tour dans un canal plus large, elle se ramifie au contraire en vaisseaux de plus en plus petits et réduits à la fin au calibre de capillaires ; ces derniers se réunissent ensuite successivement les uns aux autres, formant des veinules, puis des veines, qui se jettent elles-mêmes dans deux veines plus grosses, les *veines sus-hépatiques*, en communication directe avec la veine cave inférieure.

D'après les vues théoriques sur l'usage du sucre, une partie du glucose de la veine porte aurait dû disparaître dans le foie pour entretenir l'activité de cet organe ; et les veines sus-hépatiques devaient par conséquent être d'autant moins riches en cette substance. Or, c'était le contraire qui avait lieu et cela dans des expériences répétées à satiété par crainte d'erreur.

Le foie produisait donc du sucre ; c'était une nouvelle fonction de cet organe, dont la découverte fit couronner de nouveau Claude Bernard. Restait à trouver le mécanisme de cette production. Le chimiste Lehmann, après des comparaisons minutieuses du sang à l'entrée et à la sortie du foie, affirma que le sucre était le simple résultat d'un dédoublement des matières albuminoïdes de ce liquide, et prétendit même avoir retrouvé le produit azoté qui était le second terme de cette décomposition. Cette explication fut bientôt battue en brèche, et Claude Bernard, qui s'y était rallié provisoirement, mit en avant une hypothèse fondée sur l'analogie physiologique des plantes et des animaux. A l'affût de tous les phénomènes, qui pouvaient apparaître au cours de ses observations, il remarqua un jour qu'un foie, excisé la veille, contenait plus de sucre qu'au moment de l'extraction. Le fait était de nature à étonner, et ne pouvait s'accorder avec la théorie de Lehmann, puisque la circulation avait cessé. D'ailleurs il fut facile d'écarter tout doute à cet égard. On lava énergiquement l'organe en mettant la veine porte en communication directe avec le robinet d'un réservoir d'eau, et on poussa l'opération jusqu'à ce que l'eau à la sortie ne contînt plus de trace ni de sang ni de sucre. Or, le foie, laissé à lui-même, se mit alors à produire du sucre en abondance. Il était dès lors évident que le sucre n'était point dû au sang, et qu'il provenait d'une substance spéciale, contenue dans les cellules hépatiques. Quoi de plus naturel dès lors que de supposer à la substance inconnue une nature amylacée ? L'analogie avec le règne végétal semblait l'exiger, puisque la plante forme

son sucre aux dépens de l'amidon de ses cellules. Il fallut cependant plusieurs années d'expérimentation pour démontrer l'existence de cet amidon animal. Un premier pas dans cette voie fut l'expérience suivante : si l'on jette le foie dans de l'eau tiède et qu'on filtre, l'infusion qu'on obtient est claire et sucrée. Qu'on se hâte au contraire de diviser le foie en fragments et qu'on précipite immédiatement ceux-ci dans l'eau bouillante, la solution recueillie est opaline avec absence de sucre. Ce que nous savons des ferments nous explique parfaitement le phénomène, si nous supposons que le foie contient une substance qui communique à l'eau un aspect opalescent et peut se changer en sucre sous l'influence d'un ferment emprunté à l'organe lui-même. L'eau tiède favorise l'action du ferment, et ce dernier est assez énergique pour opérer la transformation sucrée au moment même de la filtration : c'est pourquoi le liquide recueilli a la transparence habituelle des solutions de glucose. L'eau bouillante au contraire tue le ferment, et la liqueur reste opaline.

Et en effet, pour rendre celle-ci claire et sucrée, il suffit de la mettre en rapport avec un ferment, comme la salive ou la diastase, capable d'opérer la transformation sucrée des amidons. Cette preuve était déjà de nature à persuader aux esprits les plus difficiles l'existence de l'amidon animal; mais on conçoit que l'ambition de Claude Bernard était de montrer cet amidon aux yeux et de le faire toucher des doigts. Un jour enfin arriva où il put placer sous les regards de ses élèves une substance blanche, extraite du foie, rendant l'eau opaline, identique en composition avec la fécule et se changeant en sucre sous l'influence des mêmes ferments. — Deux caractères seulement séparaient l'amidon végétal et le nouvel amidon animal. Le *glycogène*, — c'est le nom donné à cette dernière substance, — colorait l'iode en rouge et était soluble dans l'eau, tandis que la fécule colore l'iode en bleu et est insoluble.

Sur cette découverte, Claude Bernard appuya une nou-

velle théorie des glandes. Quand les glandes salivaires sécrètent actuellement la salive , les mamelles le lait, les follicules de l'estomac le suc gastrique, ces différentes glandes sont dites *en activité*. Il n'en est pas ainsi, d'après le physiologiste français. A ce moment elles sont en repos ; la couleur du sang est là pour l'attester. En effet, ce liquide sort rutilant des glandes salivaires quand celles-ci émettent la salive, tandis qu'il sort noir dans les intervalles des sécrétions. Or la couleur noire du sang à sa sortie d'un organe caractérise l'état d'activité et la couleur rouge l'état de repos. Nous en avons la preuve dans la couleur du sang d'un muscle contracté ou relâché. D'ailleurs la couleur noire est propre au sang chargé de l'acide carbonique résultant de la combustion effectuée. Mais si les glandes sont en repos lorsqu'elles sécrètent, en quoi consiste donc leur activité supposée dans les intervalles des sécrétions? Elles élaborent alors les matières albuminoïdes apportées par le sang et les transforment en vue des sécrétions futures. La fonction physiologique des glandes mammaires est donc de préparer le lait, celle des glandes salivaires de préparer la salive, mais la sécrétion du lait déjà préparé, de la salive déjà formée, peut être une action toute mécanique due à une compression exercée par les parties avoisinantes. Ce n'est pas tout. Cette préparation effectuée dans la glande pendant la période d'activité peut très bien n'avoir pas pour objet direct le liquide même qui doit être sécrété plus tard, mais une substance qui, à sa sortie de la cellule glandulaire, sera changée en ce liquide par une opération chimique étrangère à l'organe. Et c'est ainsi que, suivant Claude Bernard, la cellule hépatique ne prépare point le sucre, mais simplement le glycogène, celui-ci se changeant plus tard en sucre sous l'action d'un ferment apporté normalement par le sang. La production du glycogène diffère donc considérablement de celle du sucre. Le glycogène, résultant d'une action vitale, ne peut plus être produit après la mort de la cellule, tandis que

son changement en sucre est une action purement chimique indépendante de la vie de la cellule, et exigeant seulement la présence simultanée du glycogène déjà formé et d'un ferment convenable.

Quant à l'origine du glycogène lui-même, dernier point à élucider dans l'histoire du sucre, Claude Bernard le faisait dériver, non des matières féculentes ou sucrées de l'alimentation, mais des albuminoïdes eux-mêmes, décomposés par la cellule hépatique. Il nourrit des chiens, pendant plusieurs mois, exclusivement avec de la viande de boucherie. A la différence de la chair des animaux récemment abattus, la viande de boucherie, après les différentes préparations qu'elle subit, ne contient plus ni sucre ni glycogène. Il sacrifia ensuite les chiens soumis à ce régime albuminoïde et retrouva dans le foie le glycogène en quantité normale.

D'après lui donc, le sucre passerait dans l'économie par les phases suivantes : les albuminoïdes aussi bien que les féculents introduiraient dans le tube digestif la matière propre à être changée en glucose ; la transformation sucrée des féculents s'effectuerait dans le canal alimentaire lui-même, celle des albuminoïdes débuterait dans la cellule hépatique par la production du glycogène et se continuerait par la métamorphose du glycogène en glucose sous l'action d'un ferment dérivé du sang. Par un régime contenant une forte proportion de féculents, le glycogène s'accumulerait dans le foie sans se transformer en glucose, déjà suffisamment abondant dans l'économie, et c'est pourquoi on le retrouverait alors en grande quantité dans l'organe hépatique. Au contraire si on supprime ou diminue considérablement la fécule ou le sucre dans les aliments, l'équilibre dans la quantité de glucose de l'économie serait rétabli aux dépens du glycogène, et le foie à l'autopsie se montrerait pauvre en cette substance.

La découverte du glycogène est un titre de gloire assuré pour Claude Bernard. Deux points restent douteux : pre-

mièrement, le glycogène est-il formé au moyen des aliments albuminoïdes ? Secondement, le glycogène se transforme-t-il normalement en sucre pendant la vie ? Quant au premier point, Foster fait remarquer que la viande de cheval dont on nourrit habituellement les chiens dans certains laboratoires, est souvent chargée d'une assez forte proportion de glycogène et de sucre ; et, Claude Bernard ayant omis d'indiquer l'espèce de viande employée dans l'alimentation de ses animaux, le doute est permis, surtout après les expériences instituées par Tscherinoff, Mac Donnell et Dock avec un régime exclusivement formé de fibrine et de graisse. D'après ces observateurs, le foie alors ne contient pas plus de glycogène qu'après une abstinence complète ; car, il est bon de le noter, si l'on soustrait toute nourriture à un animal, le glycogène, après une décroissance rapide au début, s'élimine ensuite très lentement ; et chez le chien, on ne parvient guères à le faire entièrement disparaître. Relativement à la transformation normale du glycogène en sucre pendant la vie, voilà déjà longtemps que M. Pavy conteste l'observation fondamentale du savant français. Dans des expériences nombreuses, conduites avec les précautions réclamées en pareil cas, jamais il n'a pu constater une prépondérance, au point de vue du sucre, des veines sus-hépatiques sur la veine porte. Il est un autre fait regardé d'abord par Claude Bernard comme décisif, c'est la forte proportion de sucre contenue dans le foie excisé. Mais au temps où il annonçait ce résultat, il ne connaissait point encore la propriété de cet organe de produire du sucre après la mort en très grande quantité. Aussi, lorsqu'un heureux hasard lui eut appris ce dernier fait, il déclara lui-même à l'Académie, en septembre 1855, que les chiffres donnés précédemment par lui étaient trop forts et que la question demandait un nouvel examen. Cet examen, il le fit, et enfin, en mai 1877, c'est-à-dire vingt-deux ans après s'être mis à l'œuvre, il crut avoir trouvé un procédé de démonstration à l'abri de toute objection. Il ouvre rapi-

dement l'abdomen, détache un lambeau de foie, et jette ce dernier dans l'eau bouillante ; en trois secondes tout est fait. Soumettant ensuite l'infusion à l'analyse, il y trouve du sucre, et ce sucre, d'après lui, était contenu dans le foie avant l'excision, puisque l'eau bouillante empêche toute formation ultérieure de glucose. De plus, se révoltant à l'idée d'une fonction qui s'exagérerait par la mort, il soutenait même que le sucre se produit aussi abondamment dans le foie normal que dans le foie excisé et promettait des expériences concluantes en ce sens ; mais il ne vécut pas assez longtemps pour tenir cette promesse. Cependant il nous est permis de nous méfier légèrement de son assurance. Plus il a expérimenté sur le foie, plus il a procédé rapidement, et moins il a trouvé de sucre dans cet organe ; dans les dernières tentatives, indiquées plus haut, les chiffres sont bien minimes, à tel point même qu'il reproche à M. Schiff et à ses autres contradicteurs de n'avoir pas employé des réactifs assez sensibles. Dix minutes d'intervalle lui donnaient une proportion de 6, 4 pour mille, tandis que trois secondes lui avaient fourni seulement 0,8 pour mille. N'est-il pas légitime de conclure que très probablement après un temps moindre, il aurait trouvé moins de sucre encore et qu'après un temps nul, la quantité de glucose eût été nulle aussi ? Ces trois secondes, par le nombre d'opérations douloureuses exécutées, valaient bien en intensité un temps beaucoup plus long. Trois secondes, en estimant la vitesse de l'influx nerveux à un minimum de trente mètres par seconde, c'était cent fois le temps requis pour transmettre à l'organe hépatique les excitations réflexes provoquées par la souffrance et pour y produire une perturbation complète accompagnée d'une augmentation notable de la quantité de sucre. Cette remarque nous conduit naturellement au sujet suivant ; car que le sucre puisse augmenter sous l'influence nerveuse, c'est Claude Bernard lui-même qui nous l'a appris.

Le diabète sucré.

A l'état normal, l'urine ne contient pas de sucre ; la présence de cet hydrocarbure dans le liquide urinaire est le signe d'une affection grave qui porte le nom de *diabète sucré*. Claude Bernard crut d'abord devoir rattacher cette maladie à une combustion incomplète du glucose dans l'économie, et comme les poumons exercent une grande influence sur les phénomènes de combustion organique, il pensa à vérifier son hypothèse par des lésions pratiquées sur les centres respiratoires. Les recherches de Flourens avaient appris que la piqûre du quatrième ventricule vers l'origine des pneumogastriques produit des troubles graves dans les mouvements de respiration, au point de les suspendre complètement et de déterminer l'asphyxie, quand la lésion affecte la pointe du *calamus scriptorius*, appelée pour cette raison *nœud vital*. Claude Bernard dirigea un instrument tranchant de manière à piquer le quatrième ventricule aux environs du nœud vital et examina l'urine. Le sucre s'y trouvait en grande quantité. L'opération avait réussi, et cependant l'hypothèse d'où il était parti était fausse. Le succès de l'expérience avait tout simplement dépendu d'une déviation inaperçue de l'instrument ; celui-ci était allé atteindre un point plus éloigné du nœud vital. On ne peut songer en effet, pour cette expérience, à ouvrir le crâne et à mettre à nu le quatrième ventricule. Il faut se conduire d'après les indications fournies par la conformation extérieure de la tête, et la moindre inflexion de l'instrument peut amener la piqûre, non du point choisi à l'avance, mais d'un autre des nombreux centres nerveux accumulés dans cette région de l'encéphale. Aussi Claude Bernard essaya-t-il en vain, les fois suivantes, de reproduire le phénomène obtenu si aisément du premier coup, et, lui-même est le premier à l'avouer, si le hasard ne l'avait pas servi à souhait au début, il eût mis la production

artificielle du diabète sucré au nombre de ces idées qui n'ont aucun appui dans l'expérience et par là même ne méritent aucune considération.

Cependant il n'était pas non plus homme à attribuer le phénomène observé à quelque idiosyncrasie de son premier lapin, et il se mit résolument à la recherche des conditions qui avaient favorisé alors sa tentative. Piquant tour à tour les différents points du quatrième ventricule soupçonnés d'être le centre cherché, il réussit de nouveau par intervalles à faire apparaître le sucre dans l'urine, et l'examen anatomique des différentes piqûres lui apprit que le centre du diabète ne coïncidait pas avec le centre respiratoire, mais se trouvait placé plus haut dans le quatrième ventricule. La respiration n'avait donc aucun rapport avec l'apparition du sucre dans l'urine. Conclusion pleinement confirmée par de nouvelles observations, car la section des pneumogastriques n'empêchait point la production du phénomène, et les animaux rendus diabétiques, à en juger par l'acide carbonique exhalé, brûlaient au moins autant de sucre que les animaux sains. L'excès de sucre observé devait donc s'interpréter, non par une combustion incomplète, mais par une production exagérée de cette substance. La moelle épinière doit être un des facteurs du phénomène, car si on la coupe, la piqûre du quatrième ventricule n'a plus d'effet.

D'après Claude Bernard, l'excitation du quatrième ventricule transmise par la moelle aux organes abdominaux, y déterminait une circulation plus active ; le sang, arrivant avec plus d'abondance dans le foie, y apportait plus de ferment, et activait par là singulièrement la transformation du glycogène ; c'est pourquoi l'animal devenait diabétique. Cette explication se trouvait confirmée par le fait que le foie renfermait alors une quantité de glycogène inférieure à la proportion normale.

Acidité de l'urine des herbivores. — Température du sang.

Pour ne point allonger outre mesure cette notice, nous signalerons simplement en passant deux autres observations qui ne manquent pas d'intérêt. La première a rapport à l'acidité accidentelle de l'urine des herbivores, la seconde à la chaleur relative du sang veineux et du sang artériel. L'urine des lapins, et des herbivores en général, est alcaline; un jour cependant Claude Bernard fut frappé de l'acidité possédée par l'urine d'un lapin soumis auparavant à un jeûne prolongé. La coïncidence du jeûne et de l'acidité fit naître chez lui l'idée d'une dépendance entre les deux phénomènes. Si le lapin rendait une urine acide, c'est qu'à défaut d'autre aliment, il se nourrissait de sa propre substance et était devenu carnivore. La vérification de cette hypothèse ne se fit pas attendre. Des lapins, nourris exclusivement de viande, avaient l'urine acide. Dès lors la différence de réaction de l'urine chez les herbivores et les carnivores se trouvait avoir une explication très rationnelle dans la nature même de leurs aliments habituels.

L'autre recherche fut provoquée par un désaccord existant, en apparence, entre la physiologie et les théories générales des réactions chimiques. Un grand nombre d'observateurs avaient trouvé le sang veineux plus froid que le sang artériel. Rien de plus naturel, si, comme le pensait Lavoisier, la combustion du carbone s'effectuait dans les poumons. Mais on a dû abandonner la théorie du grand chimiste, et les poumons sont devenus un simple organe de déchargement de l'acide carbonique produit dans tout le corps. Si les théories sont variables, les faits ne le sont pas, et il ne fallait pas s'attendre à voir le sang veineux devenir plus chaud pour favoriser un nouveau système. Claude Bernard montra le défaut des expériences précédentes. Les veines soumises à l'expérimentation, étant superficielles,

cédaient nécessairement plus de chaleur à l'air ambiant que les artères situées en général assez profondément ; il fallait observer des organes comparables, les deux moitiés du cœur, par exemple. C'est ce qu'il fit, et, à l'aide de thermomètres très sensibles construits par Walferdin, il démontra un excès de température du cœur droit sur le cœur gauche, et en général des veines sur les artères placées à même profondeur.

Fonctions calorifiques du grand sympathique.

Nous nous étendrons plus longuement sur les fonctions calorifiques du grand sympathique et sur la sensibilité récurrente. Les recherches sur le grand sympathique valurent à Claude Bernard le prix de physiologie expérimentale de 1854 : quant à la sensibilité récurrente, elle a une histoire des plus curieuses au point de vue des résultats en apparence contradictoires que peut fournir l'expérimentation.

Le grand sympathique exerce ses fonctions calorifiques par les nerfs qu'il envoie aux vaisseaux sanguins (*nerfs vaso-moteurs*). Les connaissances des physiologistes sur les artères et les veines ont été très longtemps incomplètes. On savait que les vaisseaux ont une triple tunique et que la tunique moyenne est élastique ; mais en dépit du nom de *tunique musculaire* donnée à cette dernière, on ne revendiquait pour elle ni une constitution identique à celle des muscles ni une véritable contractilité physiologique. Elle pouvait se dilater, se rétrécir, et en cela elle ressemblait aux muscles, mais cette ressemblance était grossière et pouvait se concilier avec une simple élasticité physique. Zimmermann cependant, Verschuir, Hunter firent un pas en avant et réussirent à faire contracter les vaisseaux sous l'influence des excitants mécaniques et chimiques, propres aux muscles ; mais Henle le premier, en 1840, parvint à montrer, dans la tunique moyenne, des fibres musculaires identiques

à celles des intestins. Il restait encore un élément capital à découvrir : les nerfs, c'est-à-dire l'excitant normal des muscles. Or il est plus difficile encore de distinguer dans les parois des vaisseaux les fibres nerveuses que les fibres musculaires, et c'était uniquement par manière de conjecture qu'on parlait de l'influence du système nerveux sur le système vasculaire. Partant néanmoins de ce soupçon plus ou moins fondé, Claude Bernard conçut l'idée, que la section du cordon, reliant le ganglion cervical supérieur aux organes de la face, pouvait avoir pour effet l'altération de la température de la tête et, d'après ses prévisions, le côté correspondant au cordon coupé devait devenir plus froid que l'autre ; ce fut le contraire qui arriva, mais le sens de l'altération ici importait peu, l'action du grand sympathique sur les vaisseaux n'en était pas moins démontrée. Moins le résultat, quant au sens de la variation, avait concordé avec son idée préconçue, plus il mit de soin à bien le constater, et toujours le côté opéré présenta un excès de chaleur qui pouvait s'élever à quatre, cinq et même dix degrés. Cette différence de température n'était point un état passager de l'animal ; elle pouvait persister des semaines entières, et, chez un chien, elle se maintint pendant dix-huit mois. Si la section produisait un échauffement, l'excitation devait produire un effet contraire. Claude Bernard fit des expériences dans ce sens, et put venir annoncer à la Société de Biologie qu'en irritant, par la galvanisation, le bout périphérique du cordon coupé, on faisait disparaître l'excès de chaleur déterminé par la section. Fait curieux : en 1816, Dupuy avait sectionné le même cordon sympathique et signalé dans presque toutes ses observations une augmentation de température à la suite de la section ; mais il n'avait point entrevu la relation existant entre les deux phénomènes ; pour lui, comme pour tous les médecins de son temps, le *trisplanchnique*, nom donné alors communément au grand sympathique, n'avait d'action que sur les viscères et réglait uniquement la nutrition. Il avait

constaté l'augmentation de la température à la manière d'un homme consignant dans un procès-verbal tout ce qu'il lui est donné de voir ; mais, dans ses conclusions, nulle trace d'une influence calorifique du grand sympathique. Seuls, les troubles apportés dans les fonctions nutritives avaient attiré son attention. Les physiologistes, qui lurent son mémoire, se montrèrent encore moins soucieux que l'auteur, et tous en étaient arrivés à sectionner le cordon cervical sans songer même à relever la température de la face. Nous avons même vu Claude Bernard, qui cependant avait lu, lui aussi, le travail de Dupuy, s'attendre par la section du cordon à un refroidissement, et non à une augmentation de chaleur.

Mais dès que ses expériences personnelles lui eurent fait retrouver le phénomène, il ne se contenta point, comme son prédécesseur, de signaler le fait, il rapporta sans hésitation l'élévation de température à l'action du grand sympathique sur les vaisseaux. Cependant cette calorification par l'effet d'une section lui sembla tellement étrange qu'il ne précisa rien alors sur le mécanisme du phénomène. Il avait bien vu que l'oreille chez le lapin était, du côté sectionné, non seulement plus chaude mais aussi plus vascularisée, et il connaissait de plus l'interprétation donnée à l'influence calorifique par plusieurs des savants qui avaient répété ses expériences. La section du cordon, disait-on, annulait l'influence des nerfs vaso-constricteurs. On supposait à ceux-ci une action continue, qui maintenait les vaisseaux dans un état de contraction tonique permanente en opposition avec l'élasticité purement physique des fibres conjonctives mêlées au tissu musculaire. Aussi, à la section du nerf, l'élasticité reprenait ses droits et les vaisseaux se dilataient. Cette dilatation était appelée passive, comme procédant d'une activité, non physiologique, mais physique. Les vaisseaux dilatés étaient plus chauds, parce que le sang, y étant contenu en volume plus considérable, était moins apte à se laisser refroidir par l'atmosphère ambiante.

Claude Bernard ne goûtait point ces idées. Dans ses expériences, la vascularisation et la calorification n'avaient pas marché d'un pas égal, et un lapin opéré lui avait présenté le phénomène d'une vascularisation cessant à peu près dès le lendemain, tandis que l'excès de température se maintenait encore au même degré plus de six semaines après. Il admettait une circulation plus active du sang, fait démontré par l'excès de pression constaté du côté opéré ; mais par quel mécanisme ce résultat était-il atteint, il ne s'en expliquait point. Il convient cependant de dire que l'opinion actuellement régnante, confirmée par des faits nombreux, regarde la dilatation des vaisseaux comme la cause de l'élévation de température. La gloire de Claude Bernard n'en est pas moins intacte. Il a le premier établi le fait capital de l'influence du grand sympathique sur les parois vasculaires, et il lui était permis de douter, il y a vingt ans, d'une explication, non encore évidente à l'heure où nous écrivons.

Sensibilité récurrente.

La part prise par notre savant dans la question de la sensibilité récurrente est tout autre. Il ne fut pas le premier à la concevoir ou à la constater, mais il l'a découverte de nouveau quand elle était perdue, et si la sensibilité récurrente est un fait acquis, c'est à lui que nous le devons. La succession des tentatives faites à ce sujet mérite d'être racontée. En 1811, Ch. Bell, dans un petit essai destiné à des amis, signalait une différence, constatée par lui, entre les deux sortes de racines des nerfs spinaux. Sur un animal récemment tué, il avait pincé les racines postérieures sans pouvoir déterminer la moindre contraction musculaire, tandis que la même excitation portée sur les racines antérieures provoquait des mouvements dans les muscles dorsaux correspondant aux racines irritées. Bell en concluait que les racines antérieures et les fibres continuant ces ra-

cines étaient motrices, mais il n'attribuait aucune propriété particulière aux racines postérieures sur lesquelles d'ailleurs son expérience ne pouvait rien lui apprendre. Sa modestie l'avait empêché de jeter sa découverte aux quatre vents du ciel. Le public, à son ordinaire, respecta ce noble sentiment et les quelques amis à qui l'écrit avait été envoyé le laissèrent dormir dans leur bibliothèque. Onze ans plus tard, en juin 1822, Magendie annonça à son tour que les deux racines d'un même nerf spinal se comportent différemment l'une de l'autre, mais ses résultats avaient sur ceux du savant écossais l'avantage d'être précis et mieux établis.

D'abord, il avait opéré sur des animaux vivants, condition indispensable pour pouvoir démontrer la fonction des racines postérieures ; car, à la différence de la motricité, la sensibilité des racines chez les mammifères s'éteint pour ainsi dire instantanément avec la vie. Mais quels efforts d'esprit, quelles préoccupations inquiètes, cette opération ne lui coûta-t-elle pas ! Il faut l'entendre lui-même raconter les différentes combinaisons imaginées pour parer aux difficultés de l'expérience, et les obstacles sont tels que vingt-deux ans après, en 1844, J. Müller, dont l'habileté expérimentale est cependant connue, soutenait l'impossibilité d'arriver, pour les animaux supérieurs, à des résultats concluants, parce que la mort de la victime devait infailliblement interrompre le cours de l'expérience. Müller parlait évidemment de ses propres tentatives, et n'avait pas trop à s'occuper, au moment où il écrivait, de celles de Magendie, qui subissaient alors une sorte d'éclipse momentanée, comme nous le verrons bientôt. Quoi qu'il en soit, le physiologiste français parvint à découvrir les racines sans faire périr l'animal ; et il remarqua que l'irritation des racines postérieures provoquait des signes manifestes de douleur, mais ne déterminait aucun mouvement dans le muscle correspondant à la racine excitée. Le contraire avait lieu pour les racines antérieures ; les muscles innervés par le cordon se

contractaient à la suite de l'excitation, mais aucun cri, aucune contorsion ne venait révéler un sentiment de souffrance.

Cependant, quatre mois plus tard, Magendie revenait sur ce premier résultat, et dans une nouvelle note à l'Académie des sciences, note trahissant l'embarras d'un savant forcé de corriger une théorie qu'il n'ose ni abandonner ni défendre complètement, il dit avoir surpris des signes de sensibilité sur les racines antérieures, des signes de motricité sur les racines postérieures, la sensibilité devant toujours être cependant attribuée principalement aux secondes et la motricité aux premières. Conclusion peu nette, et de nature à compromettre la distinction entre les deux espèces de racines ; car en somme il n'y avait plus entre elles qu'une différence de degré, et les expérimentateurs savent assez combien il faut se défier de ces estimations de plus ou de moins, variables avec les conditions de l'expérimentation et parfois avec les désirs de l'observateur. Toutefois Magendie mérite cette justice que ses expériences, en juin comme en octobre, avaient été régulièrement instituées ; les faits apportés étaient vrais, mais il y avait pour les concilier une autre méthode que d'accorder un peu de motricité aux racines postérieures et un peu de sensibilité aux antérieures. Il fallut dix-sept ans pour que Magendie pût présenter à l'Académie, en mai 1839, la note suivante aussi claire que concise (1).

« Les nerfs sensitifs et les moteurs rachidiens sont également sensibles, quand ils sont les uns et les autres intacts.

(1) *Comptes rendus*, VIII, 787. — On sait que chaque cordon nerveux rachidien se bifurque, au niveau du trou intervertébral, en deux filets l'un postérieur, l'autre antérieur, chacun d'eux s'enfonçant dans la moelle par plusieurs radicules. Ces deux filets sont appelés ici respectivement par Magendie *nerfs sensitifs et moteurs* de la moelle. Avec la généralité des auteurs, nous leur avons donné jusqu'ici le nom de racines postérieures et antérieures. La racine postérieure porte sur son trajet un ganglion, mentionné dans la note du savant français.

» Si l'on coupe les nerfs sensitifs, les nerfs moteurs perdent immédiatement leur sensibilité.

» Si l'on coupe par le milieu les nerfs moteurs, le bout qui reste attaché à la moelle épinière est tout à fait insensible : le bout opposé conserve, au contraire, une extrême sensibilité. Dans ce cas la sensibilité va de la circonférence au centre.

» Si l'on coupe les nerfs sensitifs à leur partie moyenne, le bout qui tient à la moelle est très sensible ; le bout qui tient au glanglion a perdu, au contraire, toute sa sensibilité. »

Les racines antérieures ne sont donc point sensibles par elles-mêmes, mais grâce à certains filets issus des racines postérieures et qui rebroussent chemin, après la jonction des deux racines, pour se perdre dans les racines antérieures. Magendie donnait, pour cette raison, à la sensibilité de ces dernières, le nom de *sensibilité en retour*, remplacé plus tard par celui de *sensibilité récurrente*.

Quelques jours après cette note, Longet, qui travaillait alors dans le laboratoire de Magendie, souleva une question de priorité ; mais un an plus tard, en 1840, le même Longet, qui revendiquait la gloire d'avoir trouvé la sensibilité récurrente, en était venu à la nier complètement et à enlever toute sensibilité aux racines antérieures ; et, fait plus curieux encore, Magendie n'était pas en mesure de le réfuter, car il avait perdu la clef de ses expériences, et avait beau exciter ces racines, si sensibles en 1822 et en 1839, elles ne donnaient plus aucun signe de sensibilité. En 1842, Longet reçoit le prix de physiologie expérimentale pour un mémoire où il nie la sensibilité récurrente ; et Magendie en est toujours réduit à se retrancher dans un silence extrêmement mortifiant pour son caractère absolu et quelque peu hautain.

Claude Bernard, admis comme Longet dans le laboratoire de Magendie, avait assisté à la naissance de la sensibilité récurrente, et avait pris aux expériences une part

très active en qualité de préparateur. Il était extrêmement désireux de sauver l'honneur de son maître et de justifier les applaudissements dont lui-même avait salué la nouvelle découverte. Mais, véritable fatalité, à partir de 1840, année néfaste, il partagea les insuccès de Magendie et de Longet. En 1844, l'idée lui vint que peut-être on avait changé les conditions de l'expérimentation. Quand il s'agit de déterminer les propriétés physiologiques des tissus sur un animal déjà sacrifié, il est toujours expédient d'opérer le plus tôt possible ; car les fonctions organiques s'altèrent généralement et s'éteignent assez vite après la mort. Pour l'animal vivant, la conduite doit être tout autre ; les opérations préliminaires sont, en effet, ordinairement accompagnées de grandes souffrances, qui retentissent sur tout l'organisme en exaltant ou déprimant, suivant le cas, l'exercice des différentes fonctions. Il importe donc ici d'attendre le rétablissement de l'état normal. Or, Magendie, sans aucune idée préconçue, mais par le simple effet de circonstances accidentelles, avait, dans ses premières recherches, expérimenté l'après midi seulement sur les racines rachidiennes mises à nu dès le matin ; tandis qu'à partir de 1840, le hasard avait voulu qu'il examinât toujours la sensibilité des racines immédiatement après l'ouverture du canal rachidien. Cette différence dans la manière d'opérer frappa l'esprit de Claude Bernard, et il résolut de laisser dorénavant s'écouler un certain laps de temps entre les opérations préliminaires et la constatation de la sensibilité. Cependant, soit négligence apportée dans une expérimentation frappée déjà si souvent d'insuccès, soit défaut de liberté d'esprit par suite d'autres travaux alors sur le métier, pendant deux ans il ne réussit pas davantage. Il était toutefois piqué au jeu, et après avoir entendu de ses propres oreilles, en 1839, les animaux crier au moment de l'excitation des racines antérieures, il était froissé de voir révoquer en doute par des physiologistes éminents, Müller par exemple, une sensibilité si bien constatée. Enfin, en

1846, il se rendit maître du phénomène et fut à même de le réaliser à volonté. Son idée était confirmée, il fallait laisser reposer l'animal, c'était là le point le plus essentiel, et grâce à quelques précautions accessoires, l'opération réussissait infailliblement. On sent combien Magendie dut triompher intérieurement, quand il annonça ce résultat à l'Académie. Cependant sa position était légèrement fausse ; les tentatives infructueuses faites par lui depuis plus de six ans avaient transpiré dans le public ; mais, par vanité de savant, jamais il n'avait voulu y faire la moindre allusion. Il se trouvait donc obligé de ne pas trop faire valoir les nouvelles recherches et de les présenter comme une simple répétition des expériences précédentes; de là, dans sa note, un véritable déni de justice à l'égard de Claude Bernard. Le nom de ce dernier est cité, il est vrai, mais avec cette somme d'éloges qu'on accorde à un préparateur assez adroit pour refaire les expériences du maître. Magendie, au contraire, aurait dû partager loyalement avec lui la gloire de la sensibilité récurrente ; car si le professeur avait trouvé le principe, le préparateur avait formulé les conditions expérimentales sans lesquelles le principe restait indéfiniment discutable.

G. Hahn S. J.

LES ÉTAPES DU RÈGNE VÉGÉTAL

DEUXIÈME PARTIE

DU LAURENTIEN AU PLIOCÈNE.

Quelle que soit la cause efficiente et directe des modifications graduelles apportées dans les règnes organiques, à partir de leur première apparition sur notre globe jusqu'au seuil des âges historiques ; qu'il faille, avec Agassiz, voir cette cause dans la transformation ininterrompue des climats et dans celle de la structure de l'écorce terrestre, transformation qui aurait provoqué, suivant une loi à nous inconnue, les manifestations de la vie sous des formes nouvelles, tout en cessant peu à peu d'entretenir celles qui avaient résulté d'un état climatérique et météorologique antérieur; ou bien que l'on admette purement et simplement, avec l'école transformiste, que les modifications successives des types organiques sont nées sous l'influence des changements de condition des milieux, mais en vertu d'un principe de transformation immanent au règne organique lui-même, ces changements agissant seulement comme causes occasionnelles ; il est un point sur lequel, en tout état de cause, aucun désaccord n'est possible, c'est le fait même de ces modifications et de ces transformations dans le monde végétal comme dans le monde animal.

Si la théorie transformiste ne nous paraît pas établie sur des faits assez nombreux et assez probants pour être mise au rang des théories certaines et définitivement acquises, comme par exemple celle de Newton sur l'attraction universelle, elle n'en est pas moins, dans les limites rationnelles où la place M. de Saporta, une théorie sérieuse dont il n'est plus permis de ne pas tenir compte, et sur laquelle il est au contraire licite de s'appuyer, à la seule condition de ne pas perdre de vue son caractère, jusqu'à plus ample informé, incertain et hypothétique.

C'est à cet aspect que nous nous placerons pour étudier la seconde partie du brillant écrit dont nous avons discuté et, à certains égards, combattu la première.

Nous ne retracerons pas l'historique des patientes investigations, des laborieuses recherches, des fouilles sans cesse répétées dans les entrailles du sol, au moyen desquelles la paléontologie a accumulé les faits qui lui ont permis de se constituer en un corps de science propre et ayant — si l'on peut à une chose abstraite appliquer une autre abstraction — sa personnalité à elle. Nous ne rappellerons pas comment, transformés ici par une combustion lente en charbon minéral, là par une substitution de molécules en véritables pierres, ailleurs incrustés dans une vase molle et durcie par la suite, d'innombrables objets végétaux, bois, tiges, feuilles, fleurs, fruits, nous ont transmis, à travers des durées que notre esprit ne saurait concevoir, leurs formes et leur structure, parfois avec tous leurs détails les plus minutieux et les plus délicats. La chute de ces objets sur la surface des eaux dormantes ou tranquilles d'où, peu à peu gonflés et alourdis par l'humidité qu'absorbaient leurs tissus, ils descendaient doucement au fond; la lente précipitation, sur ces lits de débris végétaux, de fines poussières limoneuses qui, s'accumulant sur eux, les soustrayaient aux causes de décomposition; toutes ces circonstances et d'autres analogues ont puissamment contribué à nous conserver en quantités in-

nombrables ces débris des anciens âges de la vie sur notre planète. Comparés entre eux, avec les débris animaux correspondants, et avec les assises diverses des roches qui les recèlent, ils ont permis de reconstituer, époque par époque, l'histoire de la vie organique à partir de ses premières origines et d'une manière d'autant plus complète et d'autant plus certaine, que les étages d'où ils sont tirés dépendent de formations relativement plus récentes. On a pu, à l'aide de ces restes, reconstituer de toutes pièces avec leur port, leur stature, leur aspect, les végétaux dont ils proviennent et tracer d'un crayon autorisé des paysages, des massifs de plantes ou de forêts, tels qu'ils ont dû exister aux âges qui les ont vu naître et occuper la surface de la terre ; tout comme on a pu aussi tracer des cartes de l'Europe et des régions circonvoisines telles qu'elles devaient être figurées aux temps des phases et alternatives diverses de soulèvements et de retraits, d'émersions et d'affaissements qui ont signalé les évolutions de l'écorce superficielle qui nous porte.

Avec les progrès constants des sciences, quand un nombre suffisant de nouvelles explorations et de nouvelles découvertes auront fourni une abondance sans lacune de documents, l'on arrivera peut-être à pouvoir constituer une histoire et une géographie complètes et sans interruption de notre globe, sinon dès les premiers temps de la formation de son écorce superficielle, du moins à toutes les époques de l'évolution de la vie sur elle.

Nous sommes loin encore, sans doute, d'un aussi immense résultat. Mais le peu que nous possédons, en matière de documents servant de base à de légitimes inductions, permet déjà de se livrer à des incursions intéressantes dans ce domaine d'un immesurable passé.

Comme la lente formation du relief actuel de la superficie terrestre a été partagée en époques et en assises successives, bien tranchées si l'on compare entre eux les ensembles de phénomènes qui ont imprimé leur caractère à chacune d'elles, mais dont les limites seraient indécises s'il

s'agissait de déterminer précisément le moment où finit l'une et où commence celle qui la suit, — de même il y a lieu de partager aussi la série des phénomènes biologiques, dans l'ordre végétal, en époques et en périodes classées dans des conditions analogues. Ces époques et ces périodes phytologiques ne coïncident pas toujours, si ce n'est dans leurs traits généraux, avec les époques géologiques proprement dites; mais en phytologie comme en géologie elles se partagent en quatre grandes divisions.

A l'époque des terrains que beaucoup de géologues considèrent comme azoïques, mais que M. de Saporta réunit aux formations cambrienne et silurienne pour en faire un étage protozoïque comprenant le laurentien en tête de celles-ci, correspondrait une époque *Éophytique* ne comprenant qu'une seule période appelée *primordiale*.

Aux terrains paléozoïques ou de transition, réduits au dévonien, au carbonifère et au permien, se rattacherait une deuxième époque végétale, l'époque *Paléophytique*, se subdivisant dans les cinq périodes *dévonienne*, *paléanthracitique*, *carbonifère*, *supra-carbonifère* et *permienne*.

Les formations de l'époque secondaire ou mésozoïque se rapporteraient, quant au triasique, au jurassique et à l'étage inférieur du crétacé, à l'époque phytologique *Secondaire* ou *Mésophytique*, subdivisée elle-même en périodes *triasique*, *infraliasique*, *liasique*, *oolithique* pour les deux premiers étages des formations mésozoïques, *wéaldienne* et *urgonienne* pour le crétacé inférieur.

Enfin, ce qui reste de l'étage secondaire, c'est-à-dire le crétacé supérieur joint aux trois étages tertiaires ou cænozoïques (M. de Saporta dit *néozoïques*, expression qui nous paraît plus heureuse), correspondrait au tertiaire phytologique ou *néophytique* partagé en quatre périodes et sept ou huit sous-périodes appelées *cénomanienne*, *supra-crétacée*, *paléocène*, *éocène* proprement dite, *oligocène*, *miocène* aquitanienne et *miocène* mollassique, enfin *pliocène*.

Résumons cette classification dans le tableau de concordance ci-dessous :

ÉPOQUES des grandes formations GÉOLOGIQUES.	ÉTAGES successifs de chaque grande FORMATION.	SUBDIVISIONS des ÉTAGES.	ÉPOQUES VÉGÉTALES ou PHYTOLOGIQUES.	PÉRIODES ou subdivisions des grandes époques VÉGÉTALES.	SOUS-PÉRIODES.
Protozoïque primaire	Laurentien Cambrien Silurien	. . . . .	éophytique	primordiale	
Paléozoïque de transition	Dévonien Carbonifère Permien	. . . . .	paléophytique	*dévonienne* paléanthracitique CARBONIFÈRE supra-carbonifère *permienne*	
Mésozoïque secondaire	Triasique	grès bigarrés conchylien marnes irisées (keuper)	mésophytique (secondaire)	triasique	infraliasique
	Jurrassique	lias oolithe néocomien glauconien		jurassique	liasique oolithique wéaldienne
				crétacée inférieure	néocomienne ou urgonienne
	Crétacé	craie marneuse craie blanche (supérieure)		crétacée supérieure	cénomanienne supra-crétacée
Cænozoïque tertiaire	Éocène. . . . . Miocène . . . . Pliocène	. . . . .	néophytique (tertiaire)	éocène	paléocène éocène moyenne oligocène ou tongrienne
				miocène	aquitanienne mollassique ou falunienne.
				pliocène	

I

Époques primordiale et paléophytique.

De ces quatre grandes époques végétales, la première est à peine connue, tant elle s'enfonce dans un lointain mille et mille fois séculaire. Le sera-t-elle jamais beaucoup plus? — La seconde livre aux investigations des savants des traces plus nombreuses et surtout plus certaines ; et quant à la dernière qui embrasse, en plus de l'immensité des âges tertiaires une partie des temps quaternaires, elle abonde en documents de toutes sortes parvenus jusqu'à nous et recueillis, classés et analysés par la science avec une sollicitude sans égale.

Mais n'anticipons pas.

Il faut bien quelque bonne volonté, reconnaissons-le, pour ranger le terrain laurentien dans les formations protozoïques; quelques traces de graphite que l'on y trouve sont-ils une preuve absolue de la décomposition de matières végétales préexistantes? On a depuis longtemps fait justice du fameux *Eozoon canadense;* les petits amas charbonneux dont l'on constate la présence ont assurément plus de valeur; en ont-ils assez pour permettre de se prononcer d'une manière certaine sur l'existence de la vie aux époques où se formèrent les assises laurentiennes? Que dire pareillement de ces traces serpentineuses du cambrien, « disposées en cordons marqués de stries, » ainsi que de « ces corps rubannés, cylindriques ou simplement gauffrés, couverts de sillons, de linéaments, de cannelures, » accouplés, fasciculés ou disposés en spirales? Sont-ce des empreintes d'algues ou bien des tubes d'annélides, ou bien encore la trace de corps inertes promenés par le remous des vagues sur un fond vaseux? Ce n'est pas nous, c'est notre auteur lui-même qui pose ces questions, et tout en inclinant visiblement à interpréter ces empreintes dans un

sens conforme à ses vues, c'est-à-dire à les appliquer à des plantes marines, il n'ose cependant poser nettement l'affirmative.

Il semble donc que les savants qui, comme Credner, ont rejeté l'appellation de *protozoïque* pour désigner les terrains laurentien et cambrien, et l'ont remplacée par celle d'*archaïque* (ἀρχή, commencement) qui a l'avantage de ne rien préjuger sur l'existence ou la non-existence de la vie à ces époques si profondément reculées, ont usé d'une sage circonspection.

Mais quand nous arrivons au silurien, nous entrons dans une voie déjà un peu plus sûre. Les empreintes qui nous en sont parvenues révèlent des algues de dimensions considérables; des Bilobites à frondes de plusieurs pieds de diamètre et comme gauffrées, des Spirophytes à expansions contournées en spirales, des Chondrites, des Sphærococcites et divers autres genres offrent tant d'analogies avec une foule de types d'algues beaucoup moins reculées dans l'échelle des temps géologiques, que si l'on admet comme acquise l'évolution transformiste des types végétaux, il est licite d'affirmer que certaines algues du silurien inférieur ont eu leurs derniers descendants jusque vers le milieu des âges tertiaires. Il faut n'envisager qu'avec plus de réserve les empreintes du silurien supérieur données comme produites par des plantes *terrestres* et qui auraient été signalées aux États-Unis (M. Lesquereux) et au Canada (M. Dawson) : après la méprise si naturelle à laquelle a donné lieu la prétendue *Eopteris Morierei* dans le silurien moyen, il est permis d'être hésitant et de se demander si les empreintes de ce genre ne pourraient pas provenir d'autres causes que du dépôt dans la vase de plantes terrestres ; si, en l'état actuel, il n'est pas plus sage d'admettre qu'avant l'époque dévonienne on n'a pas encore de données suffisamment certaines sur l'existence de végétaux terrestres.

Quelle que soit du reste la conclusion que l'on préfère

quant à la végétation silurienne, ce qui demeure hors de doute, c'est l'existence d'une flore terrestre relativement puissante et variée dès l'âge dévonien. Nous entrons ici en pleine époque paléophytique : des astérophylles, des annulariées, des archæocalamites (Stur), sortes de prêles gigantesques quant à leur aspect extérieur, mais que leur structure interne et la conformation linéaire de leurs feuilles semblent rapprocher des gymnospermes; des lépidodendrons, ces arbres à écorce écailleuse, à ramification dichotomique et qui, par leur mode de fructification, semblent les précurseurs des conifères; enfin des lycopodes et de premières fougères aux folioles larges, entières et étalées, parmi lesquelles une fougère arborescente, la *Caulopteris antiqua;* tels sont, sans parler de psilophytes, de cordaïtes, de calamodendrées et de sigillariées, les principaux et caractéristiques représentants de la flore dévonienne.

Sans établir ici la distinction qui sépare, dans cette flore, la période dévonienne proprement dite de la période paléanthracitique, ce que M. de Saporta lui-même n'a point fait et ce qui sortirait du cadre d'une étude générale et sommaire, nous aurons hâte d'arriver à cette période de l'âge éophytique appelée carbonifère.

Transportons-nous par la pensée sur le bord d'un vaste marais tourbeux de nos climats tempérés. Une verdure abondante et riche y offre l'aspect d'un sol plantureux. Des mousses, des joncs, diverses graminées, des arbustes buissonneux et rampants, grêles de ramure mais touffus de feuillage, composent le tapis végétal. De place en place des arbres y développent une haute et fière stature : ce sont des aunes, des saules, des ormes et autres essences s'accommodant de l'excès d'humidité ou le recherchant. N'essayons pas toutefois de nous aventurer sans précautions et sans une expérience consommée sur ce sol trompeur, sa consistance n'est qu'apparente : à peine éloignés de quelques pas du bord nous sentirions la prétendue terre

se dérober sous nos pieds; vainement voudrions-nous revenir en arrière; chacun de nos mouvements contribuerait à activer cette descente lente et fatale dans des profondeurs invisibles, et si personne n'était à même de nous secourir, nous verrions bientôt le fascinateur tapis de verdure nous monter à la ceinture, atteindre nos épaules engloutir nos bras; et la descente continuant toujours, lente mais fatale, nous ne tarderions pas à disparaître en entier dans le gouffre qui se refermerait sur nos têtes sans garder traces du meurtre inconscient accompli par lui. Nos corps continueraient à s'enfoncer ensuite jusqu'à la rencontre du vrai sol, c'est-à-dire du fond imperméable de la lagune; peu à peu ils s'y trouveraient couverts, enveloppés de tous les résidus végétaux descendus tour à tour à mesure que, chaque année une végétation nouvelle s'implantant sur l'ancienne, aurait relégué celle-ci au rang des débris ; partiellement décomposés, graduellement accumulés, ceux-ci formeront à la longue cette masse pâteuse qui s'exploitera comme combustible sous le nom de *tourbe* et qui ne sera, en réalité, que le premier degré de la très lente formation des charbons minéraux. Supposez une telle accumulation se poursuivant sans interruption pendant une longue suite de siècles; sous l'action de l'humidité, d'une chaleur constante et d'une croissante pression, les couches tourbeuses les premières formées se seront converties en un véritable charbon houiller. Et si divers corps étrangers, branches ou tiges d'arbres mal assujettis sur un sol aussi mouvant, fruits, feuilles, graines ou bien cadavres d'animaux ont été par des causes quelconques précipités au sein de cette tourbe en formation, vous en retrouverez toutes les formes ou toutes les empreintes au sein même des masses charbonneuses nées de la persistante action des siècles.

Or, telle est l'esquisse réduite de ce qui s'est passé sur notre globe, non pas en quelques points mais sur la presque totalité des terres émergées, à ces âges lointains que la

science a appelés paléozoïques ou époque de transition.

Si l'on y ajoute l'effet de l'élévation de la température combinée avec une extrême humidité, la pression d'une atmosphère épaisse, sursaturée de vapeurs, brumeuse et presque sans analogie avec l'atmosphère subtile et diaphane au sein de laquelle nous respirons et nous nous mouvons ; et si l'on songe qu'alors, les pluies — et quelles pluies !... les plus violentes averses de nos contrées tropicales n'en donneraient qu'une faible idée! — si l'on songe que les pluies étaient comme incessantes ; qu'elles favorisaient dans une mesure inouïe une végétation toute de tissus cellulaires et herbacés, gorgés de sucs et dont l'épiderme généralement peu résistante, la couche ligneuse relativement presque nulle ne pouvaient entraver le rapide développement, mais aussi qu'elles précipitaient avec une constance sans égale sur le sol, les moindres débris détachés sur leur passage ; on se rendra peut-être compte de l'activité formidable avec laquelle devaient se produire ces formations de vases végétales qui sont devenues pour nous les plus abondantes carrières, les mines les plus riches de nos charbons minéraux.

C'est que le moment est venu où la vie végétale va recevoir une impulsion de vigueur et de vitalité qu'elle n'a plus connue depuis à un aussi haut degré de puissance. Et pourtant c'est une flore pauvre en espèces, peu élevée encore en organisation. Ce sont presque exclusivement des cryptogames ; et si les phanérogames y sont représentés, ce n'est que par ces types inférieurs dont les organes propagateurs se bornent à de simples ovules dépourvus d'ovaires enveloppants, et que l'on appelle gymnospermes. Mais gymnospermes et cryptogames réalisent tout ce que l'on peut concevoir dans de tels ordres de plantes, lançant dans l'espace des tiges élancées à perte de vue, colonnettes légères chargées d'un opulent feuillage, ramures très simples mais d'une rare élégance, le tout formant par leur ensemble des forêts pressées sans être touffues, et plongeant leurs racines dans un sol saturé d'humidité mais toujours tapissé d'une verdure luxuriante.

L'Annulaire à longues feuilles, l'Astérophylle prêliforme, (*Annularia longifolia*, *Asterophyllites equisetiformis*, Brongn.), parmi les calamariées, parmi les lycopodiacées le *Sphenophyllum Schlotheimi* de Bohême, Brongn., le *Lycopodium primævum* de Saarbruck, Goldenb : et enfin le *Lepidodendron*, cette manière de lycopode arborescent de quinze à vingt mètres d'élévation, fructifiant comme les conifères et curieux encore par l'écorce écailleuse qui lui a valu son nom (Λεπίς, ἰδος, écaille ; δένδρον, arbre), comptent parmi les types les plus remarquables de la flore carbonifère et houillère. Ce ne sont pas les seuls. Il y a aussi une famille de plantes dont quelques analogues se retrouveront encore, si du moins il en faut croire le Dr Karl Müller, en Australie, cette curieuse terre qui semble un échantillon oublié des anciens âges du globe (1). C'est la famille des *Sigillariées* qui comprenait de très grands arbres pouvant atteindre et dépasser quarante mètres, à tige simple et nue, surmontée d'un panache de feuilles aciculaires et retombantes ; sur l'écorce, souvent cannelée, on aurait pu voir dans le haut du tronc des cicatrices assez larges provenant de la chute des an-

Fig. 1.

Tige, réduite à 1/300, de *Lepidodendron*, (lycopodiacée) carbonifère, l'un des rameaux portant un cône ou strobile.

(1) « Les Sigillaires ou arbres à résine apparurent sous la forme d'asphodèle (*Xanthorræa hastile*), qui existe encore aujourd'hui dans la Nouvelle Hollande et dont l'écorce est munie de cicatrices résineuses. »

Dr Karl Müller, *Les merveilles du monde végétal*, trad. de J. B. et J. Husson, t. I, p. 124. — Paris, Schulz et Thuillié, Bruxelles, Aug. Schnée, éd.

ciennes feuilles et que leur forme régulière a fait comparer à des sceaux (sigilla).

Puis il y a, quoiqu'en petit nombre, des Cycadées, ces plantes qui, par leur système de fructification, tiennent des conifères, tandis que leur port général, leur mode de croissance les rapprocheraient des palmiers, ces monocotylédones angiospermes. On cite le *Nœggerathia foliosa*, Sternb., du carbonifère moyen de Radnitz, et un Pterophyllum découvert par M. Grand'Eury. Il y a des conifères comme les *Walchia*, et des taxinées comparables à notre Salisburia adiantifolia ou Ginkgo bilobé. Il y a surtout des cordaïtées, gymnospermes d'un type paraissant supérieur à celui des conifères par divers détails de structure et notamment par la disposition de l'appareil mâle; voisins des cycadées par la conformation anatomique des faisceaux foliaires, d'après M. Renault, ils les dépassent en force, puissance et beauté. C'étaient le plus souvent de grands arbres, au tronc large et ramifié, au port analogue à celui de nos Podocarpus et rappelant par le feuillage nos Dammara (1), mais avec une croissance plus rapide, une allure plus robuste, et n'offrant à l'intérieur qu'un cylindre ligneux d'un faible diamètre entouré d'un épais étui cortical. Dans cette perfection relative des cordaïtées qui leur assigne le premier rang parmi les gymnospermes, M. de Saporta voit une tendance, un acheminement vers les angiospermes qui n'ont pas encore paru : il doit y avoir, suivant l'éminent phytologiste, entre ceux-ci et ceux-là d'autres types intermédiaires que l'on découvrira peut être un jour.

Toute une grande famille de végétaux encore figurait dans la flore carbonifère : les fougères n'étaient pas repré-

(1) Pour tous les conifères dont il peut être question dans cette étude, voir Carrière, *Traité général des conifères*, 1 vol. in-8°, 910 p. 1867.—Paris, l'auteur. — Voir aussi C. de Kirwan, *Les Conifères indigènes et exotiques*, 2 vol. in-18, XVI-310 et 312 p. 1867.—Paris, J. Rothschild.

sentées, suivant Brongniart et d'Archiac (1), par moins de deux cent cinquante espèces dans ce qui existait alors du continent européen qui n'en compte aujourd'hui qu'une cinquantaine. Les unes, arborescentes, sveltes, élancées, balançaient à leur sommet d'élégantes ombelles de frondes découpées en dentelles et entourant un bouquet de bourgeons recourbés en spirales. Les autres à tige souterraine étalaient sur le sol mouilleux le tapis de leur épaisse frondaison.

Terne et monotone toutefois devait être l'aspect de ces magnificences ; nul rayon de soleil ne perçait encore la brumeuse atmosphère qui leur servait de milieu aérien ; les innombrables ruisseaux qui sillonnaient ces forêts puissantes, l'eau des lagunes qui baignait leur pied, ne reflétaient l'image d'aucune fleur ; aucun oiseau n'en égayait la solitude de son joyeux ramage, et la vie animale n'était guère représentée encore que par quelques espèces inférieures, au sein des eaux.

Combien dura cette période d'exubérance de la végétation cryptogamique et gymnosperme ? C'est ce que la science ne sera jamais, sans doute, en état d'apprécier. Il lui est néanmoins permis d'affirmer que cette durée fut fort longue et bien des fois séculaire, en présence des puissantes couches de charbons minéraux qui correspondent à cette époque. Si rapide, si condensée, si incessante qu'ait alors été la vie phytologique, si abondante qu'en soit résultée la précipitation des débris et résidus végétaux, que de temps n'a-t-il pas fallu pour réduire ces tissus généralement mous, spongieux, gorgés d'eau en ces denses et compactes masses des assises charbonneuses qu'exploite aujourd'hui l'industrie humaine !

Tout a une fin cependant sur notre globe, et la vie se fatigua un jour de cette activité en quelque sorte désordonnée, imprimée par elle au règne végétal.

(1) D'Archiac, *Paléontologie de la France*, p. 634, 1 vol. in-4°, 726 p. 1867. — Paris, Hachette.

L'âge permien qui succéda aux temps houillers offre comme un état de décadence par rapport à ceux-ci : sa flore, dit M. de Saporta, n'est qu'un prolongement amoindri de celle des âges carbonifères proprement dits dont les types caractéristiques tendent à disparaître, tandis que les cycadées, au contraire, tendent, avec les conifères et certaines fougères, à prendre une place qui ne tardera pas à devenir prépondérante. Un Walchia (*W. piniformis*, Sternb.) parmi

Fig. 3.

Rameau de *Ginkgophyllum Grasseti*, Sap. des schistes permiens de Lodève.

Fig 2.

Rameau de *Walchia piniformis*, Sternp. des schistes permiens de Lodève.

les conifères vrais (fig. 2) et, parmi les taxinées une manière de Salisburia (*Ginkgophyllum Grasseti*, Sap.) (fig. 3) sont cités parmi les plantes caractéristiques de la période permienne. C'est une période de repos relatif, où la nature semble reprendre haleine comme pour perfectionner ses méthodes; s'attacher moins à la rapidité du développement et à l'amplitude des formes qu'à la variété de ses manifestations vi-

tales, à la solidité et à l'amélioration des organes et des tissus végétaux; prendre enfin son élan vers une nouvelle carrière progressive que nous aurons à étudier et qui se manifestera surtout à la suite de la période secondaire ou mésophytique.

II

La flore secondaire ou mésophytique et la flore crétacée.

« La vieillesse et l'enfance sont également faibles, et dans les temps où ces deux extrêmes se trouvent seuls en présence, la nature revêt nécessairement un caractère de dénûment et de monotonie (1). » La période du trias, première de l'époque secondaire ou mésozoïque, représente l'enfance de cette époque, comme le dévonien l'enfance de la précédente, et comme, pour celle-ci, le permien représentait la vieillesse à la suite du brillant âge mur du carbonifère. Toutefois l'âge adulte qui suivra l'enfance triasique, l'âge jurassique, n'aura rien de la richesse plantureuse du milieu des temps paléozoïques : une sorte d'immobilité accompagnée d'une certaine indigence relative sera l'un des traits distinctifs de la végétation, comme nous le verrons plus bas. Si les cryptogames et les gymnospermes de la flore houillère ont alors disparu, ce sont d'autres gymnospermes et d'autres cryptogames qui les remplaceront, et, sauf quelques rares exceptions, il faudra arriver à l'étage de la craie pour constater l'apparition définitive des angiospermes représentés par des magnolias, des aralias, des lierres, des hêtres, des platanes, etc., etc.

Revenons à la flore du trias.

C'est une flore ambiguë. Les anciens types y manquent; ils ont disparu ou achèvent de disparaître. Ceux qui doivent les remplacer ne se montrent que successivement. De là

(1) Cte de Saporta. — *Le monde des plantes*, p. 188.

des vides, des lacunes, une flore pauvre en espèces, d'une singulière monotonie. On y signale cependant quelques fougères inédites, quelques nouvelles cycadées et nouveaux conifères tels que le *Voltzia heterophylla*, l'*Albertia Braunii*, le *Taxodites Münsterianus* parmi ces derniers, les *Pterophyllum Jægeri* et *Münsteri* parmi les cycadées. Les liliacées et les cypéracées y sont aussi représentés par des *Yuccites* et des *Palæoxyris*, genres voisins de nos yuccas et de nos scirpes (1). Sur toute la surface émergée du globe la végétation est la même, et cette uniformité de la végétation qui révèle celle du climat se perpétuera à travers la période jurassique.

C'est au début de celle-ci que commence à se manifester le mouvement de transformation, la tendance vers un groupement, un équilibre nouveau, des éléments de la flore terrestre. Les terrains en relief, les lieux relativement secs et éloignés des amas d'eau, commencent à se distinguer des lieux bas et humides, des lagunes, des marécages, par des caractères différents dans leur production végétale. Ici, sur des dépôts sableux ou calcaires plus ou moins arides, ce sont des fougères aux frondes coriaces ou de dimensions exiguës (2), certains genres de cycadées (3) et enfin des conifères de haute stature qui composaient les essences dominantes des forêts d'alors où ces cycadées, de dimensions plus faibles que ceux qui hantent aujourd'hui nos régions tropicales, formaient leur sousbois ou peuplaient leurs abords et leurs clairières. Là, sur la rive des cours d'eau, sur les terres détrempées, dans les stations fraîches enfin, ce sont des taxinées voisines de

(1) Karl Müller, *l. c.*, t I, p. 145.

(2) *Scleropteris Pomelii*, Sap. (étage corallien) ; *Stachypteris lithophylla*, Sap. (ibid.) ; *Lomatopteris Balduini*, Sap. (étage bathonien) ; *Cycadopteris Brauniana*, Zign (étage kimméridien), etc ,etc. Cte de Saporta, *l. c.*, p. 191.

(3) *Zamites Moreaunus*, Brongn. (étage corallien) ; *Otozamites decorus*, Sap. (étage bathonien); *Sphenozamites latifobius*, Brongn. (étage kimméridien).

notre salisburia et d'autres conifères offrant de l'analogie avec les *Sequoia* et les *Cryptomeria* subséquents (*Schizolepis*, *Palissya*), des fougères à frondes larges, opulentes ou découpées en dentelles, associées à d'autres types de cycadées tels que des *Podozamites*, des *Nilssonia* et des *Pterophyllum*, et enfin des pandanées (1).

La famille des cycadées est aujourd'hui connue par quiconque visite quelquefois des serres un peu complètes; ces plantes singulières en sont la curiosité sinon l'ornement. Moins l'élégance et la *sveltesse* des formes, on dirait de petits palmiers. Les cycadées des âges secondaires ne différaient pas plus de celles de nos jours que les diverses espèces de ces dernières entre elles; elles étaient seulement plus petites. Ce groupe curieux porte en lui des caractères des trois embranchements du règne végétal : il tient des cryptogames par certaines analogies avec les fougères; par le parallélisme des nervures il confine aux monocotylédones parmi lesquels on l'a même rangé avant d'avoir constaté que son appareil cotylédonaire se compose de deux feuilles séminales soudées ensemble de manière à n'en paraître qu'une; enfin il porte des cônes contenant des ovules nus sous leurs écailles, à la manière des conifères, ces arbres à tigelles généralement polycotylédones. Il y a là, semble-t-il, un de ces remarquables exemples d'affinité et de transition qui donnent du poids à l'hypothèse transformiste.

Quant aux conifères des étages jurassiques, arbres de première grandeur pour la plupart, ils se rapprochaient de nos araucarias, de nos cyprès; ou bien offraient, comme ceux du genre *Brachyphyllum*, l'aspect de tiges peu ramifiées avec des feuilles écailleuses étroitement appliquées contre le rameau.

Conifères, cycadées ou fougères, que les groupes, les

[1] Karl Muller, *l. c.*, p. 152. — On n'a retrouvé jusqu'ici d'autres traces des Pandang u pandanées jurassiques, que leurs gros fruits globulaires (*Ibid.*).

genres et les espèces en soient variés, se choisissant et s'associant suivant les conditions de sécheresse relative ou d'humidité des terrains, ce ne sont toujours que les représentants inférieurs de la hiérarchie végétale, destinés à ne remplir plus, dans la suite des âges, qu'une place restreinte et accessoire parmi la variété presque infinie des types à naître. Ils occupent seuls cependant, à quelques rares exceptions près, tous les terrains de la période jurassique ; et même, sur les premières assises crétacées, sur les sables et argiles wéaldiens comme sur le néocomien et le gault, ce sont leurs types qui couvrent exclusivement le sol ; rien encore ne fait pressentir le prochain déclin des cycadées et l'imminente invasion des plantes supérieures dont les espèces sans nombre ne tarderont pas à reléguer au dernier rang celles dont le règne fut exclusif jusqu'alors.

De grands mouvements s'étaient accomplis dans la structure topographique du globe. D'un simple archipel que formait d'abord l'Europe jurassique, il s'était constitué peu à peu, par divers soulèvements qui, en agrandissant les îles, les avaient comme soudées graduellement les unes aux autres, une grande masse continentale. Le plateau central avait fini, pendant l'oolithe, par se joindre à la Vendée du côté de Poitiers, aux Vosges par la Bourgogne, et à la période wéaldienne le continent s'était complété par une suite d'émersions dont l'extension des cours d'eau et des lacs dans le Jura, en Allemagne, en Angleterre, etc. nous révèle l'existence.

C'est après l'achèvement de cette élaboration topographique que nous apparaît, comme brusquement et sans préparation apparente, la brillante floraison des plantes à feuillage véritable, des dicotylédones angiospermes. Les palmiers, ces angiospermes monocotylédones, commencent aussi à se montrer sur les rives des mers de Silésie et de Bohême (1). Dans la vaste région qui s'étend du Missouri

(1) Karl. Müller, *l. c.*, p. 158.

aux montagnes Rocheuses (Dakotagroup), dans la presqu'île de Noursoak au Groënland, comme en diverses régions de l'Allemagne et aux environs de Toulon et d'Aix-la-Chapelle, de nombreux fossiles de végétaux appartenant à la seconde partie de l'âge crétacé (1) ont été retrouvés qui ont permis de reconstituer la flore de cette époque. Cette flore peut être considérée comme le commencement, l'aurore de la flore ou plutôt des flores successives qui s'épanouirent pendant les temps tertiaires, et la dénomination de flore *éotertiaire* pourrait sans inexactitude lui être appliquée. Aussi, bien qu'appartenant par les terrains sur lesquels elle s'est produite, à l'époque secondaire ou mésozoïque, M. de Saporta l'a-t-il classée parmi les subdivisions de la période tertiaire végétale qu'il a appelée période néophytique.

On y trouve, dans un mélange qui peut nous sembler bizarre, les plantes dicotylédones représentées par des genres dont les uns sont encore indigènes aux latitudes européennes, les autres éteints, et d'autres enfin existent de nos jours mais seulement dans les régions tropicales. Légués par les âges précédents, les conifères et les fougères s'y montrent encore et même avec de nouvelles formes, et l'*Araucaria Toucasi*, Sap., l'*Abietites curvifolius*, Dkr., le *Cyparissidium gracile*, Hr. mêlent leur grêle et coriace feuillée aux ombrages plus larges et plus étalés des magnolias, des aralias, des courbarils (*Hymenea primigenia*, Sap.), des hêtres, et d'une foule d'autres sur quelques-uns desquels il ne sera pas sans intérêt de nous arrêter un instant.

Les plantes du genre *Credneria* étaient de grands arbres d'un classement incertain mais offrant des analogies avec les peupliers, les platanes, les tilleuls et même avec les polygonées (rhubarbe, sarrasin, renouée); elles portaient de grandes feuilles, à nervures saillantes, à limbe ferme et

(1) Craie glauconieuse ou étage cénomanien (*Cenomanum*, Le Mans), craie tuffeau, craie blanche, etc.

sinué à la partie supérieure, le pétiole se divisant en trois nervures médianes au-dessus de la base même du limbe. C'est un des genres caractéristiques de la flore cénomanienne, ainsi du reste que le hêtre, la platane, le lierre, l'aralia et un arbre dont on hésite à faire un chêne ou un châtaignier, constatés dans le Dakotagroup avec le *Protophyllum* et l'*Aspidiophyllum* qui paraissent y avoir rempli le rôle des crednerias de la Bohême et de la Moravie.

Par plusieurs de ces genres on peut voir que, de la période cénomanienne et supra-crétacée date le point de départ de la végétation particulière à la zone que nous habitons, de même que, ajoute M. de Saporta, la flore des houilles marque l'avènement du règne végétal tout entier. Mais cette végétation s'associait alors à celles de tous nos autres climats. Les palmiers commencent aussi à se montrer : le *Flabellaria chamæropifolia* des grès à pierre de taille *(quadersandstein)* de la Silésie était l'analogue de notre palmette *(Chamærops humilis)* des deux rives de la Méditerranée et avait comme elle ses frondes en éventail. Un autre, de haute stature, se rapprochait du *Phœnicophorium*, le palmier des Séchelles et l'un des plus beaux types de la famille; ses frondes larges et allongées étaient traversées dans toute leur longueur par le rachis ou nervure médiane et les bords du limbe légèrement fissurés; cette disposition des frondes se retrouve du reste sur la presque totalité des palmiers pendant la durée de leur première jeunesse.

Dans ce mélange d'espèces végétales dont les similaires se cantonnent de nos jours et d'une manière en quelque sorte exclusive en des climats si différents, on peut déjà saisir comme un commencement, un premier indice de cette répartition. Ainsi les premiers représentants de la famille des palmiers ne se rencontrent point dans les régions arctiques, bien qu'on y trouve encore une sorte de *Canna* ou balisier, un bambou (*Arundo groënlandica*, Hr.), une cycadée (*Cycadites Dicksoni*, Hr.) la dernière sans doute de ces parages, et plusieurs fougères dont les analogues de

nos jours (gleichéniées) n'existent qu'aux abords des tropiques. Les plus anciennes espèces du genre peuplier, des aralias, des magnolias, un figuier, quelques légumineuses voisines du lotus, des pins, des cupressinées, des sequoias et un salisburia (*S. primordialis*, Hr.), tels étaient, dans la seconde partie de la période crétacée, les représentants du règne végétal sous la calotte arctique.

Au-dessous du cercle polaire, les mêmes essences et celles que nous avons mentionnées plus haut se mêlaient aux premiers palmiers, à diverses laurinées, à des pandanées, confondant ainsi, dans un climat sans doute d'une température également chaude, humide et éloignée des extrêmes, les séries végétales destinées à caractériser, dans la suite des successions d'âges géologiques, les climats les plus opposés.

Ce départ, durant les temps tertiaires, s'accentuera peu à peu, non pourtant d'une manière régulière et continue, mais avec des temps d'arrêt et des retours comme si les types qui se sont éloignés ne l'avaient pas fait sans tenter une sorte de lutte en sens contraire, ou plutôt, comme si la séparation des climats ne s'était opérée qu'à travers des oscillations qui en auraient accidenté les limites.

III

Période éocène.

Climat chaud bien que tempéré, mais surtout égal et sans hiver; masses continentales profondément découpées par des baies, des golfes, des fiords et recélant de nombreux lacs dans leurs terres parcourues par des estuaires puissants; dépressions recouvertes par les eaux en plusieurs points destinés à se soulever par la suite en hautes et majestueuses montagnes, tels le massif des Alpes et la chaîne des Pyrénées ; voilà le caractère de la surface ter-

restre au début des âges tertiaires, au moins dans les parties où elle a pu être étudiée à ce point de vue. Mais cet état de choses n'est pas resté immuable : à bien des reprises successives les mers ont recouvert, puis délaissé, puis recouvert à nouveau des portions de continent qui, dans l'intervalle de ces envahissements et de ces retraits, servaient de fonds à des étangs ou à des lacs, ou de lits à de larges fleuves. Et telle dut être l'immensité de la durée de ces phénomènes que, bien qu'ils se soient produits plusieurs fois successivement dans chacune des subdivisions entre lesquelles se partagent les âges tertiaires, rien n'oblige cependant à penser qu'ils aient eu lieu avec beaucoup moins de lenteur que des phénomènes analogues qui se sont produits ou se dessinent depuis que l'homme a fait son apparition certaine sur le globe destiné à être le lieu de sa vie mortelle.

Des recherches, des explorations nombreuses ont été faites dans les multiples formations de ces âges lointains. Soit que par suite de leur rapprochement relatif ils nous aient transmis plus facilement les débris de leurs peuplements végétaux ; soit que la variété incomparablement plus grande des formes, des types et des espèces ait favorisé cette transmission ; soit pour ces deux motifs réunis ou pour tous autres, il est certain que les documents fossiles abondent, bien que confusément et sans ordre, qui ont permis, par de patientes et méthodiques observations, de reconstituer la flore aux diverses périodes de ces âges.

Par des démarcations en partie idéales et en partie réelles, on a divisé les temps tertiaires, au point de vue spécial des modifications subies par la vie végétale en leurs cours, en cinq périodes que l'on a appelées *Paléocène*, *Éocène*, *Oligocène*, *Miocène* et *Pliocène* (1). Les trois premières semblent se rapporter aux trois subdivisions de l'étage éocène appelées *Suessonienne* (d'Orbigny) ou inférieure, éocène

(1) Schimper, *Traité de paléontologie végétale*. Cité par M. de Saporta, *l. c.*

moyenne et tongrienne, et pourraient se grouper sous la dénomination générale d'Éocène. La quatrième contient les deux subdivisions assez distinctes de l'Aquitanien et du Mollassique.

Flore paléocène. — Le développement et l'extension des dicotylédones angiospermes a nécessairement pour effet de donner aux massifs végétaux un aspect comparable à celui des forêts que nous sommes habitués à parcourir et à contempler dans nos climats moyens de l'Europe. Certaines forêts paléocènes ont livré le secret de leur existence, et les marnes et pentes crayeuses de Gelinden, dans le pays de Liége, ont fourni les plus précieuses indications sur le massif forestier qui les recouvrait au début de l'âge éocène. Les chênes s'y présentaient sous des formes variées avec des feuilles petites, entières, coriaces, à peine lobées ou dentées sur le pourtour de leur limbe. Des châtaigniers à feuilles longues, étroites et persistantes ; diverses essences de la famille des lauriers (laurinées) tel que avocatiers (*Persea palæomorpha*, Sap. et Mar.), canneliers (*Cinnamomum Sezannense*), camphriers, laurier véritable (*Laurus Omalii*, Sap. et Mar.); des viornes (*Viburnum vitifolium*), un lierre, une ellébore, des araliacées. Il est remarquable qu'une composition d'essences très analogue sinon semblable s'observe de nos jours dans les forêts du Sud du Japon, où l'on trouve des viornes, des thuyas, des chênes offrant une grande ressemblance avec ceux de la forêt paléocène de Gelinden, entre autres le chêne de Fontanes ou faux-liége (Q. *pseudosuber*) qui est assez répandu dans le nord-ouest de l'Afrique (1).

(1) Ne pas confondre ce chêne (Q. *Fontanesii*, Guss. Q. *pseudosuber* Reich), qui est un chêne à feuilles annuelles, avec le chêne *corsier* des Landes, (Q. *occidentalis*, Guy.); ce dernier est un chêne à feuilles persistantes et de plus un vrai chêne-liège, bien que différent, par sa maturation bisannuelle, du chêne-liège proprement dit (Q. *suber*, L. dont la maturation est annuelle comme celle de l'yeuse.

Un peu plus au sud-ouest, aux environs de Sézanne en Champagne, les débris de végétation paléocène qui ont été retrouvés, révèlent une végétation de station humide. C'était aux abords d'une cascade. Au-dessus d'un sol tapissé de fougères et d'hépatiques, s'élevaient parmi des rochers moussus, de grands lauriers (*Sassafras primigenium*, Sap.), de robustes noyers, des magnolias, des fougères arborescentes, des saules, des aunes, autour desquels s'enroulaient le lierre et la vigne et qui recouvraient un sous-bois de viornes et de cornouillers. Des figuiers et d'autres arbres de la même famille (morées ou artocarpées), des méliacées (1), des symplocos (2) se mêlaient aux essences de genres restés indigènes dans la région, tandis que non loin de là, dans les sables de Brocheux et les grès du Soissonnais, le bambou, les araucarias, les palmiers à frondes flabellées accroissaient la variété de la flore paléocène.

Cette variété s'alliait d'ailleurs à une unité bien remarquable si l'on observe que dans le centre-ouest du Nord-Amérique (Colorado, Wyoming, Utah) la flore tertiaire, dite du *lignitic*, contenait des éléments d'une grande analogie avec ceux que nous venons d'indiquer, tandis que le continent groënlandais offre pour la même époque des vestiges également comparables.

Flore éocène. — La flore éocène proprement dite correspond à l'*éocène moyen* des géologues, au début duquel la mer *nummulitique* s'étendait, au sud, au nord et au nord-est, bien au delà des limites de notre Méditerranée actuelle, tandis que celle du *calcaire grossier* couvrait, de Bruxelles à Londres, tout le bassin de Paris. Les Alpes centrales,

(1) La famille des méliacées qui n'existe aujourd'hui que dans les contrées chaudes se compose d'arbres remarquables par les riches teintes, la dureté et l'odeur suave de leur bois. Les mélias, les cédrèles, les swietenias sont des genres de cette famille. Le Swietenia Mahogani est un des arbres dont le bois fournit l'acajou.

(2) Sorte de styrax ou aliboufier.

les Balkans, les steppes russes et le Caucase étaient encore ensevelis sous les eaux de la mer nummulitique qui étendait ses masses découpées à travers le centre et le sud de l'Asie jusqu'aux extrêmes confins de l'Orient. D'autres régions, comme la Provence, étaient couvertes de lacs. Sur toutes ces rives et toutes ces plages régnait une température très élevée comme en témoignent les nombreux fruits de *Nipa* retrouvés soit à l'état d'empreintes, soit dans un état de conservation parfaite, dans le bassin de Paris. Les nipas, que l'on retrouve aujourd'hui sur les bords du Gange, sont des arbres semblables aux palmiers par le port, et plongeant comme le vaquois (*Pandanus*) leurs racines dans la vase des lagunes. Leurs nombreuses espèces bordaient, dans le bassin parisien, les fleuves et les estuaires, tandis que sur la surface des eaux s'étalaient des plantes aquatiques comparables à nos morrènes (*Hydrocharis morsus-ranæ*, Le Mt. et Decsn.) et d'ailleurs de la même famille, espèces du genre *Ottelia* dont les représentants actuels habitent les terres submergées des rives fluviales des Indes, de l'Australie et de Madagascar. Un laurier-rose nain (*Nerium parisiense*, Sap.) à feuilles petites et étroites, quelques pins et thuyas, des chênes peu élancés, un jujubier et de petits palmiers-éventails complètent la flore éocène du Trocadero et de ses environs. Flore en somme assez pauvre et n'annonçant pas une vigueur de végétation bien grande; elle offre toutefois cette particularité remarquable, dès qu'on s'éloigne du bord des eaux, d'accuser par un feuillage peu épais, maigre et coriace et une ramure médiocrement fournie, un climat chaud et sec. Les types dont elle se compose et leurs combinaisons réapparaîtront du reste longtemps après dans l'oligocène, sans que rien permette de suivre ou de retrouver aucune trace de continuité de l'une à l'autre. La flore éocène n'a pas été, partout et toujours, bornée à ces principales espèces : près du Puy en Velay M. Aymard a retrouvé une fronde et une inflorescence mâle remarqua-

blement bien conservées d'un palmier de petite taille se rapportant visiblement au genre dattier (*Phœnix*) d'affinité africaine, et que par conséquent M. de Saporta a nommé, du nom du savant à qui cette découverte est due, *Phœnix Aymardi* (fig. 4). Ce palmier était associé aux mêmes espèces que celles qui avoisinaient le Trocadero auxquelles il faut ajouter diverses myricées et protéacées.

La mer, qui recouvrait tout le bassin parisien au début du moyen éocène, se retira dans la durée de cette période en y laissant le dépôt connu sous le nom de calcaire grossier, dans les dépressions duquel se logèrent les eaux douces le long de la vallée actuelle de la Seine et entre celle-ci et la Loire : les grès de Beauchamp, le calcaire de Saint-Ouen, les gypses de Montmartre et les dépôts contemporains aux environs du Mans et d'Angers tirent de là leur origine. Si nous suivons, dans ces derniers parages, les explorations d'un savant paléontologiste, M. Crié, nous trouverons les restes d'une superbe masse de forêts ainsi qu'elles pouvaient croître à l'abri des inondations fréquentes sous le chaud et constant climat d'alors. Les podocarpées, ces conifères classés par les uns dans les abiétinées (1), par d'autres entre les abiétinées et les taxinées (2), et que l'on a aussi proposé, à la suite de botanistes anglais, de réunir avec les taxinées en un groupe composé qui s'appellerait les *taxacées* (3), les podocarpées occupent, dans la forêt éocène du Mans une place importante avec les chênes verts, les lauriers, les plaqueminiers, les araucarias, et l'on y a trouvé des fruits dont les uns semblent provenir de morindas, rubiacées des pays chauds, les autres de tiliacées, et d'autres enfin de plusieurs variétés de *diospyros* (plaqueminiers). De nombreuses fougères tapissaient le sol sous l'ombre des grands arbres, et les palmiers abondaient

(1) Le Maoût et Decaisne, *Trait. gén. botan.*
(2) Carrière, *Trait. gén. conif.*
(3) De Kirwan *Conif. indig. et exot.*

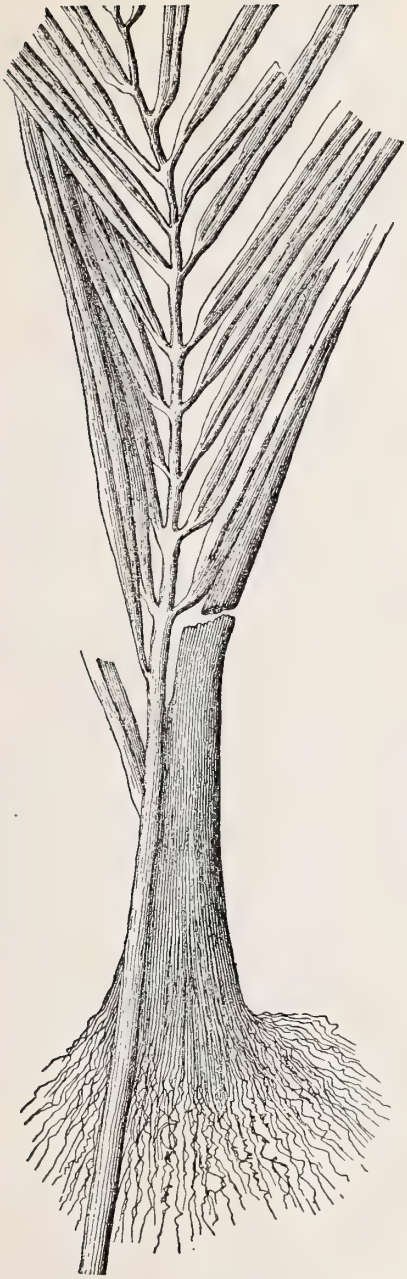

Fig. 4.

Phœnix Aymardi, Sap. ou dattier éocène des arkoses du Puy. — Portion de fronde et régime de fleurs mâles.

en espèces et en sujets au milieu de ces massifs forestiers déjà si variés.

La richesse de végétation de la forêt du Mans est dépassée par celle d'une autre forêt, également éocène bien que plus récente, qui couvrait les gypses d'Aix aux abords d'un grand lac situé entre l'emplacement actuel de la ville d'Aix et de la Durance, dominé à l'est par la montagne de Sainte-Victoire encore existante et probablement moins élevée qu'alors, et aux autres aspects par divers escarpements couverts de bois entre lesquels il se trouvait comme encaissé.

Tous les affluents de ce lac y charrièrent d'innombrables débris végétaux que lors des crues ils entraînaient le long de leur parcours; et des hauteurs boisées qui les enceignaient, les eaux du lac d'Aix voyaient tomber sur elles et descendre peu à peu jusque dans la vase de leur lit, tous les débris végétaux détachés naturellement des sommets environnants ou bien que le vent en avait arrachés. Aussi la moisson de débris de cette opulente flore est-elle abondante et a-t-elle permis de reconstituer le peuplement de ces masses forestières.

Au bord même du lac on aurait vu des pins moins remarquables par leurs dimensions que par la variété de leur forme, associés à des conifères appartenant à ces genres africains, voisins des thuyas, qu'on appelle *Callitis* et *Widdringtonia*, à des *Juniperus* voisins de nos sabines, auxquels se mêlaient des palmiers aux frondes en éventail (*Flabellaria*), des dragonniers (*Dracæna*), dont le plus remarquable (*D. Brongniartii*, Sap.) offrait une grande analogie avec le dragonnier actuel des Canaries, enfin des bananiers analogues au bananier de l'Afrique équatoriale le *Musa ensete*.

Plus au cœur des masses boisées dominaient, mais non de manière exclusive, les arbres et arbrisseaux épineux, à rameaux hérissés et diffus, à feuilles étroites et raides, comme aujourd'hui au Cap, à Madagascar, dans l'intérieur de l'Afrique australe. Les rhamnées (*Zyziphus* ou jujubier),

les celastrinées, les protéacées (*Lomatites aquensis*, Sap.) (1), les laurinées (*camphriers*, *canneliers*, *avocatiers*, *Oreodaphne*, etc.), les araliées (*Aralia multifida*, Sap.), les myricées (*Myrica Matheroni*), les térébinthacées, dominaient derrière le rideau de palmiers, de bananiers et de dracænas associés aux conifères. On y voyait aussi l'arbre de Judée ou gaînier (*Cercis antiqua*, Sap.) et plus loin, en nombreuses variétés, les acacias vrais, ces arbres dont les girafes, favorisées par leur long cou, broutent aujourd'hui les pousses élevées et qui devaient alors servir de nourriture aux xiphodons, ces précurseurs de la girafe infra-pliocène. Les plaqueminiers, le catalpa (*C. microsperma*, Sap.), le magnolia, le fromager (*Bombax sepultiflorum*, Sap.), aux fleurs brillamment pétalées, le figuier (*Ficus venusta*, Sap. très voisin du *F. pseudocarica*, Miq., de la Haute-Égypte), mêlaient leur feuillage exotique à celui du frêne (*Fraxinus exilis*, Sap.), du vernis du Japon (*Ailantus prisca*, Sap.), du bouleau (*Betula gypsicola*, Sap.), du chêne (*Quercus salicina*, *Q. antecedens*, Sap.), du saule (*Salix aquensis*, Sap.), de l'orme (*Ulmus microptelea Marioni*, Sap.), du peuplier, (*Populus Heerii*, Sap), de l'aune, de l'amelanchier, toutes formes végétales dont les traits essentiels nous sont demeurés, tandis que leurs associées de ces temps lointains ont fui vers les régions les plus chaudes aujourd'hui de notre globe. Observons toutefois que ces arbres analogues à ceux de nos climats correspondent à des espèces dont l'habitat est aujourd'hui plus méridional : les chênes des gypses d'Aix rappellent soit ceux de la Louisiane soit nos yeuses du midi ; le saule et le peuplier se rapportent à ceux des bords du Jourdain et de l'Euphrate, l'orme appartient au sous-genre *microptelea* à feuilles semi-persistantes, de l'Asie méridionale, et le bouleau se rattache au groupe *betulaster* du centre de l'Asie.

(1) Probablement aussi des *Banksias*, protéacées qui n'existent spontanément aujourd'hui qu'en Australie. — Ils étaient associés aux *Eucalyptus*.

Tout cet ensemble dénote l'action d'un climat chaud, mais avec des alternatives accentuées de saisons sèches et brûlantes et de saisons tempérées par d'abondantes pluies. Les formes végétales y sont variées, originales, élégantes, mais graciles et frêles, généralement petites; la végétation, très diversifiée suivant les pays et les stations, vivace et d'un aspect un peu raide, offre des analogies avec celle que l'on observe de nos jours dans l'Afrique centrale et dans certaines parties de la Chine et du Sud de l'Asie. Or, ce caractère de la flore éocène persistera, dans ses traits essentiels, jusqu'à la fin de l'Oligocène.

Flore oligocène ou *tongrienne* (1). — La mer nummulitique s'est rétrécie au sud, la mer parisienne s'est retirée au nord, et cet autre grand bras de mer qui occupait depuis de si longues périodes de temps l'emplacement de la chaîne des Alpes, avait fait place à une suite de plateaux bas, entrecoupés de marais salés ou de mers intérieures fermées de toutes parts et connues sous le nom de *lagunes du Flysch*. Le Flysch ou schiste à fucoïdes provient des dépôts d'algues formés au fond de ces marais salés ou mers peu profondes dont le desséchement s'est opéré précisément au temps de la flore oligocène. Des baies étroites et allongées, des bras resserrés et sinueux, faisaient pénétrer la mer tongrienne dans le cœur même de l'Europe. On retrouve sur une foule de points des traces de son passage : dans les grès de Fontainebleau ; en Belgique, d'Ypres et de Gand à Liège et à Maestricht ; dans la vallée du Rhin, entre les Vosges et la Forêt-Noire ; près de Rennes en Bretagne ; entre la Gironde et l'Adour ; dans les départements du littoral méditerranéen ; près de Vérone et dans le Tyrol. Ce dernier pays, le nord de l'Italie jusqu'en Dalmatie, la Provence, le Languedoc, l'Auvergne et bien d'autres contrées encore sont, depuis longtemps, couverts de lacs qui

(1) *Tongrien*, de Tongres en Belgique.

subsisteront au-delà. Sur ce sineux et immense littoral aujourd'hui terre ferme, dans l'emplacement de tous ces lacs dès longtemps désséchés, les empreintes végétales, comme d'ailleurs les débris animaux, abondent. On a pu y démêler quelque chose comme huit à neuf cents espèces botaniques. Ronzon, près du Puy ; en Provence les gypses de Gargas, les schistes marneux de Céreste, les marnes calcaires de Saint-Zacharie ; Alais, Barjac en Languedoc ; Speebach en Alsace, sans parler de diverses parties de l'Autriche ; mais surtout Armissan, près de Narbonne, tous ces pays ont fourni à de savants explorateurs comme MM. Aymard, de Saporta, Schimper, de riches moissons de débris paléontologiques.

Ils ont pu constater que l'aspect du paysage, comme on l'a dit tout à l'heure, n'avait pas dû différer beaucoup de ce qu'il était au temps de l'éocène ; ce serait la végétation actuelle de l'Australie, variée, élégante, puissante même, mais grêle, élancée, peu touffue, qui en reproduirait aujourd'hui l'image.

Les palmiers sont en nombre. De petite taille ici, avec frondes flabellées et de peu d'étendue, ils entourent ailleurs un puissant congénère, le *Sabal major*, Ung., une sorte de palmier parasol à vaste envergure (fig. 5) comme celui qui croît aujourd'hui aux Antilles (*Sabal umbraculifera*) et que la culture a introduit dans les jardins du littoral de la Méditerranée. Les dragonniers ne sont pas rares, et, de concert avec les palmiers, s'associent à des conifères, tels que *Sequoia* (*S. Sternbergii*, Hr., *S. Tournalii*, Sap., *S. Couttsiæ*, Hr.) cyprès chauve (*Taxodium distichum miocenicum*, Hr.) *Widdringtonia*, *Callitris*, *Glyptostrobus*, ou bien, sur d'autres points, avec des conifères qui n'avaient point fait leur apparition jusque-là : le Chili est la patrie actuelle des uns, le Nord-Amérique, celle des autres ; nous voulons parler des *Libocedrus* (*L. salicornioides*, Endl.) et des cyprès faux thuyas (*Chamæcyparis massiliensis; Ch. europæa*, Sap.). Passons une foule de plantes moins bien défi-

nies : myricées (1), protéacées, éricinées (2), araliacées, sterculiacées (3), sapindacées (4), houx, fusains, nerpruns,

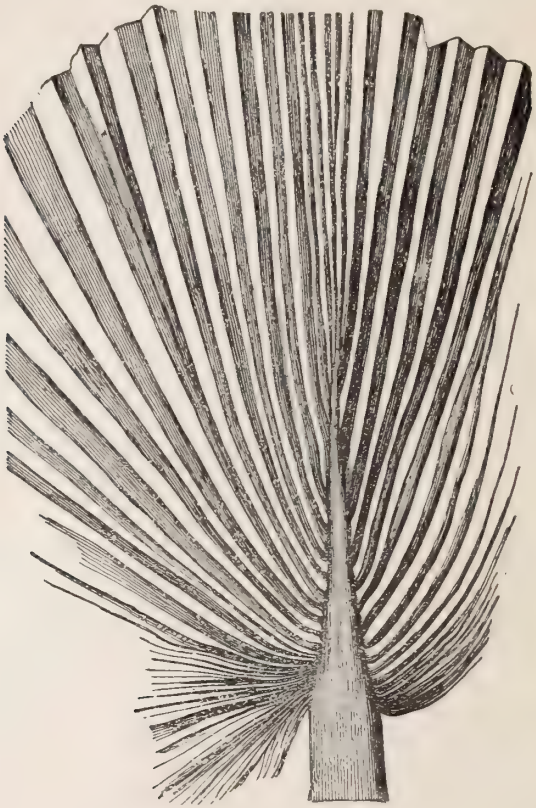

Fig. 5.
Sabal major, Ung. ou palmier parasol oligocène.
Portion moyenne, très réduite, d'une fronde.

(1) Les myricées ne sont représentées aujourd'hui que par deux genres : *Myrica* et *Comptonia* et se rencontrent assez rarement.

(2) Les éricinées ou éricacées comprennent les genres bruyère (*Erica*), callune (*Calluna*), lédon (*Ledum*), rosage (*Rhododendron*), azalée (*Azalea*), leuchotoe, arbousier (*Arbutus*), etc.

(3) Les sterculiacées, voisines des malvacées et des tiliacées, habitent les contrées tropicales et subtropicales. Le cacoyer (*Theobroma cacao*) appartient à l'une de leurs nombreuses tribus.

(4) *Sapindacées*, du *Sapindus saponaria* ou Savonnier des Antilles, espèce

gaîniers, jujubiers, plaqueminiers, acacias vrais, mimosas et des myrtacées odorantes (parmi lesquelles sans doute des eucalyptus), lesquelles toutes, malgré la diversité de leurs espèces, de leurs genres et de leurs familles, semblent revêtir aux yeux de l'observateur superficiel, un aspect, une physionomie analogue, comme si, pour employer une expression familière, elles avaient été coulées au même moule.

Arrivons aux véritables essences forestières de nos climats d'aujourd'hui, dont les environs de Gargas en Provence et surtout les restes de la forêt d'Armissan, près de Narbonne, nous offrent les spécimens les plus remarquables.

Le chêne y est richement représenté : chêne cunéiforme (*Quercus cuneifolia*, Sap.) à Gargas, aux feuilles petites, coriaces à cinq lobes peu prononcés, voisin de nos chênes rouges (*Q. erythrobalanus*) (1) de l'Amérique; chêne piquant (*Q. armata*, Sap.) — feuille se bifurquant en cinq lobes aigus comme des lames de poignard, — dans la forêt d'Armissan, où l'on trouve encore le *Q. oligodonta*, Sap., à feuille en losange ; enfin le *Q. velauna* à Ronzon (Haute-Loire). L'aune (*Carpinus prisca*, Sap.), le bouleau (*Betula ulmacea*, Sap.) le charme (*Carpinus cuspidata*, Sap.) et son voisin l'*Ostrya* (*O. tenerrima*, Sap.), l'orme (*Ulmus primæva*, Sap.) et l'érable (*Acer primævum*, Sap.) croissaient sur les rives du lac de Saint-Zacharie et plus abondamment encore aux abords de Saint-Jean de Garguier, cette dernière station étant plus récente que la précédente et toutes deux un peu plus que celle de Gargas. Enfin de nouveaux types de mêmes genres se montrent à l'est de Narbonne, entre la mer et Armissan où fut la forêt oligocène de ce nom.

saillante d'un des principaux genres de cette famille très voisine des hippocastanées et des acérinées.

(1) La section des chênes *érythrobalanus* tire son nom de ἐρυθρὸς, rouge et βάλανος, gland.

Ils sont accompagnés de beaucoup d'autres ; car de même que la flore d'Aix, stade supérieur des étapes de la flore éocène proprement dite, marquait le moyen terme entre celle-ci et l'oligocène, de même la flore d'Armissan, terme des progrès successifs de la végétation tongrienne, représente la transition entre cette dernière et la flore aquitanienne dont nous nous occuperons bientôt.

Les sophoras, les mimosas, les aralias, les houx, des *Engelhardtia* (juglandées) (1), des dalbergias (2), se mêlent à plusieurs variétés de bouleau, à des peupliers et à des érables à l'opulent feuillage; et les pistachiers lentisque et térébinthe, qui existent encore sous la même forme non loin du Bosphore et sous des formes toutes voisines en Algérie et dans nos départements méridionaux, se montrent durant l'oligocène, dans la flore de Ronzon et dans celle d'Armissan. Sur les eaux dormantes ou à faible courant, croissaient, comme aujourd'hui, des cypéracées, des potamots, des massettes, mais, en plus, de magnifiques *lys des eaux*, nélumbos, nénuphars, nymphéas, dont les plus brillantes variétés du *Victoria regia* de l'Amérique intertropicale ne donneraient qu'une idée affaiblie, et enfin un genre de plantes palustres de plusieurs mètres de hauteur, qui n'ont que peu survécu à l'oligocène, et croissaient nombreuses et pressées au sein des lagunes, des marais et des lacs tongriens : c'étaient des plantes du type des *Rhizocaulées*, à tiges pourvues de racines, comme le nom l'indique (Ρίζα, racine; καυλὸς, tige). Les *Rhizocaulon* (fig. 6) peuplaient de leurs innombrables tiges les eaux peu profondes, et ces tiges émettaient, le long des entre-nœuds de leurs feuilles longues et rubannées, des radicules aériennes qui descendaient peu à peu jusqu'à s'implanter dans le sol, fournissant ainsi de nombreux points d'appui à des tiges

(1) Juglandées, de *Juglans*, noyer.

(2) De la famille des légumineuses. Le *Dalbergia latifolia*, grand arbre du Brésil, de l'Inde et de l'Afrique, est celui dont le bois est employé en ébénisterie sous le nom de *palissandre*.

que les tissus mous et lâches d'un large étui médullaire ne rendaient pas suffisamment résistantes à l'action du vent et de leur propre poids. Ce qui ajoute encore à la curiosité de ce type fossile, c'est que des touffes entières de la plante ont été pétrifiées par la substitution de molécules siliceuses à leurs molécules organiques et primitives ; on a pu ainsi les classer avec une entière certitude.

Avant de pousser plus loin cet examen des développements successifs des types végétaux, jetons un rapide coup d'œil d'ensemble sur certains faits qui se dégagent de l'exposé qui précède.

Peut-être aura-t-on bien voulu remarquer le rapprochement assez curieux indiqué plus haut, après la description de la flore paléocène : l'analogie des formes végétales et de leurs groupements dans des contrées aussi distantes et aussi profondément séparées que la Belgique ou la Champagne d'un côté, les États du centre de l'Union américaine de l'autre, et en troisième lieu les régions arctiques, est un premier fait qui doit fixer l'attention. De cette végétation paléocène, revenons sans transition à la flore oligocène

Fig. 6.
Rhizocaulon polystachium, Sap. — Plante palustre oligocène de Saint-Zacharie, aujourd'hui éteinte. — réduite à 1/16.

que nous avons décrite la dernière : nous avons constaté la présence, parmi des types à affinités africaines, *Callitris*, *Widdringtonia*, chênes à feuilles paucilobées et autres, dont le tempérament s'accommode plus aisément d'une température et d'un climat secs, d'espèces américaines auxquelles une certaine quantité de pluies est nécessaire, libocèdres, taxodiums, séquoïas, sabals, flabellaires, aunes, peupliers, ormes, charmes, laurinées, en même temps que la flore aquatique multiplie ces espèces qui lui sont propres.

D'où sortaient ces espèces nouvelles venues?

Nous devons la réponse à cette question aux courageux voyageurs, américains, anglais, danois, suédois qui ont exploré les glaces circumpolaires; ils ont retrouvé dans ces parages aujourd'hui inhospitaliers et sans vie, les restes authentiques des épaisses forêts qui ont fait aux terres arctiques un vêtement et une parure aux diverses périodes des âges géologiques. C'est ainsi qu'on a pu établir les rapprochements qui suivent. Aux temps carbonifères, nulle divergence, uniformité complète de la vie végétale au pôle comme sur tous les autres points de l'hémisphère boréal. Quand ont paru les flores jurassique et crétacée, une première différenciation, bien peu perceptible encore, tend à s'établir entre la calotte arctique et le surplus de l'hémisphère : au pôle apparaissent ou se maintiennent certains genres, certains types, tenus là comme en réserve pour se répandre un jour au loin quand l'abaissement de la température se sera lui-même étendu, tandis que d'autres formes, plus amies de la chaleur, en sont exclues sans s'y être jamais montrées. Des fougères gleichéniées, des cycadées de divers genres et espèces, bien d'autres types exclusivement tropicaux aujourd'hui, se mariaient sous le pôle, aux temps jurassiques et crétacés, avec les abiétinées, les séquoïas, les thuyas, les taxinées, le tout offrant un aspect parfaitement comparable à celui qu'offrira, en Europe, la flore du tertiaire moyen. Au temps du cénomanien les arbres *à feuillage*, les

angiospermes dicotylédones, se montrent simultanément en Bohême, dans le Nebraska américain et dans le Groënland; mais les palmiers, les pandanées et les dragonniers ne franchissent point le cercle polaire, et la flore qu'il circonscrit affecte dès lors un caractère franchement accusé comme moins méridional que celle qui lui est extérieure : les familles d'affinité tropicale y deviennent rares qui abondent au contraire dans tout le surplus de l'hémisphère et s'y maintiendront pendant toute la durée des subdivisions de l'éocène et en partie jusqu'à la fin du miocène.

C'est donc du pôle que descendent graduellement, en rayonnant de part et d'autre vers des contrées moins septentrionales, toutes ces espèces végétales de climats relativement ou réellement adoucis. Et quand, par suite de ces revirements qui ne sont pas rares dans les temps tertiaires, nous voyons les plantes méridionales remonter vers des latitudes plus hautes, c'est dans la région polaire que, refoulées par elles, se réfugient les types destinés à prévaloir définitivement un jour dans nos zones tempérées. L'abondance des lacs, des sources jaillissantes, des eaux thermales et minérales, qui sont, avec les premières éruptions basaltiques, un des caractères dominants de l'éocène supérieur en Europe, caractérisent les terres polaires dès les temps crétacés et jurassiques, avec toutes ces espèces végétales européennes et nord-américaines, conifères variés et dicotylédones angiospermes, qui ne doivent commencer à se montrer dans notre zone qu'aux temps du cénomanien et du paléocène. Mais vienne l'oligocène, et l'orographie de nos contrées tendra à se dessiner et à se fixer, les diverses parties du continent se souderont entre elles, les vallées, en s'ouvrant des issues dans les directions des différentes mers, commenceront à livrer passage aux eaux courantes que suivent ou accompagnent les types végétaux du nord, et la flore polaire accomplira dans toutes les directions son invasion intermittente mais graduelle et progressive.

IV

Période miocène.

C'est d'une manière relativement brusque, que s'était retirée la mer tongrienne après avoir entrecoupé l'Europe de ses baies étroites et allongées comme en Aquitaine et en Ligurie, de ses Adriatiques sinueuses comme celle dont le fond exhaussé forme aujourd'hui l'Alsace, de ses golfes arrondis comme celui qui déposa, non loin de Paris, les grès de Fontainebleau. Une période d'une durée indéterminée s'écoula ensuite pendant laquelle une profonde tranquillité, l'établissement ou la persistance, sur une foule de points, de lacs étendus auxquels la conformation des vallées ne permettait pas d'écoulement, favorisèrent, par la prédominence d'un climat doux, d'une atmosphère humide et tiède, le développement de la vie végétale ; souvent même elle se réalisa dans des conditions analogues à celles que nous avons indiquées plus haut comme propres à la formation des tourbières et des lignites.

Puis survint l'événement saillant de l'âge miocène qu'il faut voir dans un retour offensif de l'océan submergeant de nouveau, en grande partie du moins, les terres européennes, s'étendant, quelques grandes îles exceptées, du sud-ouest au nord-est et à l'est de notre continent. Cette mer miocène toutefois ne recélait pas, comme l'avait fait la mer nummulitique pendant l'éocène moyen, la ligne même des Alpes : elle couvrait la vallée du Rhône, la partie inférieure de la Saône, une portion de la Suisse et du Jura, contournait les premières saillies et les premières crêtes de la naissante chaîne alpine, traversait la Bavière, remplissait la vallée du Danube, les Dardanelles, le nord et le sud de la mer Noire et la majeure partie de l'Asie mineure,

ensevelissant également sous les eaux le sud de la Provence, le nord et l'est de la péninsule italique et laissant à découvert dans une notable proportion les parages orientaux de l'Adriatique actuelle.

Telle fut la mer *mollassique*.

A la même époque, mais dans une direction inverse, une autre mer miocène, la mer des *faluns*, entame l'Europe à l'ouest en envahissant la vallée de la Loire par un fiord sinueux courant dans la direction de l'ouest à l'est, et celles de la Charente et de la Garonne par un large golfe dirigé de l'ouest au sud-est.

Les temps auxquels eurent lieu l'invasion et le séjour prolongé de ces deux mers forment une subdivision de la période miocène subséquente de la sous-période dont nous parlerons tout à l'heure.

A l'inverse de la mer tongrienne, les mers miocènes ne prendront fin que graduellement et par retraits successifs, conséquences sans doute du soulèvement croissant des Alpes qui amènera les abords des futures vallées de nos grands fleuves à émerger au-dessus des flots; en sorte que ceux-ci finiront par ne couvrir plus, sous forme de bras et golfes, que le fond même de ces vallées. Cette subdivision, qui est chronologiquement la seconde, a reçu le nom de *sous-période mollassique*.

Mais auparavant, des séries de dépôts s'étaient formés sur le fond émergé de l'ancienne mer tongrienne. Tel le *calcaire de Beauce* reposant sur les grès de Fontainebleau ; telles les formations contemporaines que l'on retrouve en Auvergne, dans l'Allier et le Cantal, dans la vallée du Rhône, à Barrème (Basses-Alpes), en Provence et dans le Bordelais. De même les dépôts lacustres de l'oligocène dans le midi de la France, servent tous de base à des dépots subséquents, également lacustres, que couvriront plus tard partiellement les eaux de la mer mollassique.

L'espace de temps pendant lequel se sont formés des dépôts appuyés sur le fond de la mer tongrienne retirée et

auquel mettra fin une nouvelle invasion maritime, constitue la première des deux subdivisions de la période miocène, la *sous-période aquitanienne*, ainsi nommée des faluns de Bazas dans les environs de Bordeaux.

Sous-période aquitanienne. — Les stations de la flore aquitanienne nous sont révélées par des lignites et autres débris fossiles provenant principalement, en France, de Manosque en Provence et de Thorens en Savoie; en Angleterre, de Bovey-Tracie (Devonshire); en Grèce de Koumi dans l'île de Nègrepont; en Croatie, de Radaboj; enfin des régions de l'Ambre (sud de la Baltique) et de Bonn, non loin de Cologne. Sur tous ces points, fort divers quant aux latitudes, la flore de l'époque offre un si grand nombre d'éléments communs qu'il faut en conclure sinon à l'identité, du moins à une extrême analogie des climats, dans toute l'étendue de cette zone dont la largeur n'est pas inférieure à 16 degrés parallèles.

Parmi les types principaux de cette flore, nous citerons d'abord d'une manière générale : des fougères, des palmiers, des conifères; puis toute la série des plantes à feuillage, aussi bien celles dont les dérivés devaient s'implanter définitivement dans nos climats tempérés modernes que celles qui étaient destinées à descendre plus au sud; enfin une cycadée de Koumi, *Encephalartos Gorceixianus*, Sap. (fig. 7), congénère des encephalartos actuels de l'Afrique et probablement des dernières plantes de cette famille qui aient vécu en Europe dans les temps tertiaires.

Les fougères comprenaient une fort belle osmonde *(Osmunda lignitum)* très peu semblable à notre *O. regulis* mais croissant comme elle dans les lieux ombragés et humides, et tout à fait comparable à l'*O. presliana* de Ceylan, de Java, des Philippines et du midi de la Chine; des *lygodium* gracieuses plantes grimpantes ayant aujourd'hui leurs similaires en Floride, au Japon, et, à des latitudes plus méridionales, aux îles du Cap-Vert, en Abyssinie et dans

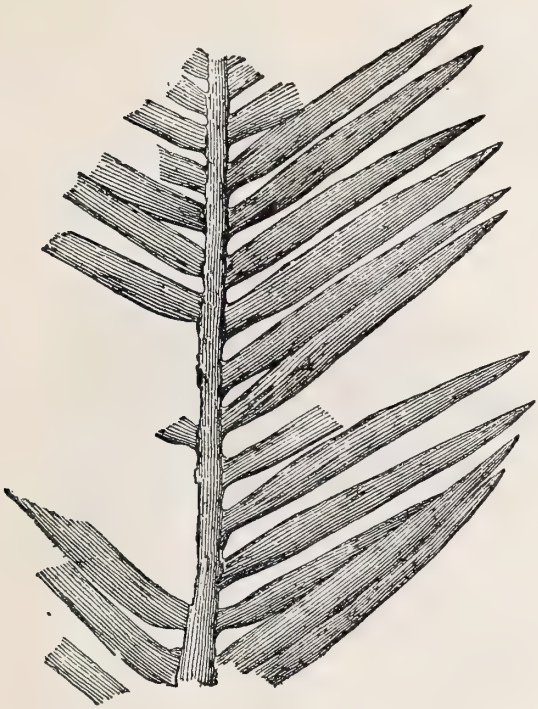

Fig. 7.
Encephalartos Gorceixianus, Sap. de Koumi (Négrepont) dernière cycadée européenne, portion de fronde.

l'Inde; des *goniopteris* ou *lastræa*, fougères de grande taille et d'un très bel aspect, enfin des *chrysodium*, plantes aquatiques vivant le pied dans l'eau et atteignant 3 mètres de hauteur. — Une fougère de ce groupe, mais non encore classée, a été trouvée près de Manosque.

Les palmiers sont encore nombreux, moins toutefois qu'au temps de l'oligocène ; ils sont plus clair-semés, moins indifférents aux stations, et paraissent rechercher de préférence celles qui sont abritées et situées aux expositions chaudes. On y retrouve plusieurs de ceux de la période précédente, des dattiers comme celui de Cadibona en Pié-

mont, *Phœnicites Palavicini* (fig. 8), Sismond., ou encore le dattier remarquable (*Ph. spectabilis*, Ung.) le *Sabal major*, Ung., des flabellaires (*F. ruminiana*, Hr.) (fig. 7), des palmistes (*Chamærops helvetica*, Hr.), des géonomes (*G. Steigeri*, Hr.), des rotangs (*Calamopsis*).

Les *Sequoïa* actuellement réduits à deux variétes californiennes (1) prédominent parmi les conifères aquita-

Fig. 8.
Phœnicites Palavicini, Sism. Ou dattier aquitainien de la haute Italie restauré par M. Sismonda.

(1) Le *Sequoïa gigantea* ou *Wellingtonia* et le *S. sempervirens* dont plusieurs auteurs font un taxodium, sans doute à cause de l'analogie que présente, à la persistance près, son feuillage avec celui du *T. distichum* ou cyprès chauve. (Voir Carrière, *Trait. gén. conif.* ; de Kirwan, *Conif. indig. et exot.*

Fig 9.
1. *Flabellaria ruminiana*, Hr. 2. *Sabal major*, Ung. — 3. *Phœnicites spectabilis*, Ung. —

niens. On en compte plusieurs espèces auxquelles se joignent un glyptostrobe (*G. europæus*) sorte de taxodium représenté aujourd'hui sans changement appréciable dans les provinces de la Chine, et un cyprès chauve, le *Taxodium distichum miocenicum* qui paraît ne différer presque en rien de notre cyprès chauve de la Floride, de la Louisiane et des terres tempérées du Mexique. Les callitris et les widdringtonias destinés à disparaître de l'Europe commencent à diminuer ainsi que les pins. Ce sont les genres dont les espèces forment, aux temps actuels, le peuplement de nos forêts des plaines et des coteaux dans la zone tempérée, qui tendent à prendre le plus d'extension dans l'aquitanien, sans toutefois dominer encore.

Le hêtre et le charme de Manosque (*Fagus pristina*, Sap.; *Carpinus Ungeri*, Ett.), se rapprochent beaucoup,

le second du charme de Virginie, le premier du hêtre ferrugineux (*F. ferruginea*, Mchx.), de l'Amérique. Deux érables de la même station (*Acer recognitum*, Sap.; *A. decipiens*, Hr.) semblent les ancêtres de nos érables de Montpellier et à feuilles d'obier (*A. monspessulanum ; A. opulifolium*) tandis que le trilobé miocène (*A. trilobatum*) se rapproche de l'érable rouge américain. Plusieurs aunes ont des affinités avec ceux de notre temps : l'*Alnus sporadum*, de l'île de Négrepont ou Eubée, avec deux aunes de l'Asie mineure (*A. subcordata* et *A. orientalis*); l'*Alnus phocœnsis*, Sap., avec notre aune du Caucase (*A. subcordata*). Tout cela croissait en mélange avec des lauriers, des andromèdes, des plaqueminiers, des camphriers, des jujubiers, des buissons ardents (*Mespilus pyracantha*, L.), des gainiers ou arbres de Judée, des féviers, des caroubiers, des chicots ou gymnoclades, des acacias (1), et une sorte de noyer du genre *Engelhardtia*.

Les chênes sont encore peu nombreux, et leurs formes diffèrent des formes européennes de nos jours au point de les rendre méconnaissables à tous autres yeux que ceux des botanistes de profession. L'un a des feuilles qu'on prendrait pour celles d'un laurier-rose (2) ; la feuille d'un autre simule une sorte de croix (3) ; celle-ci, légèrement mais irrégulièrement lobée (4), semblerait plutôt d'un orme que d'un chêne ; celle-là, petite, coriace, parfois contournée (5), était peut-être persistante. Mais ces formes, si bizarres pour l'Européen du nord ou du centre ont aujourd'hui leurs similaires en Amérique. Les chênes *à lattes* (*imbricaria*) et *à feuilles de laurier* de l'Union américaine rappellent les Quercus

(1) Il s'agit ici des acacias vrais, voisins des mimosas, dont les espèces actuelles n'habitent que les pays chauds, — non de l'arbre acclimaté en France par Robin, du robinier, vulgairement mais improprement appelé acacia. (*Robinia pseudo-acacia*). lequel est une papilionacée.

(2) *Quercus provectifolia*, Sap. (Brognon).

(3) *Q. Buchii*, O. Web. (Bonn).

(4) *Q. larguensis*, Sap. (Manosque).

(5) *Q. mediterranea*, Ung. (Négrepont).

divionensis, Sap., *provectifolia*, Sap., et *Lyelli* (Devonshire) de l'aquitanien ; le *polymorphe*, Cham. et Schl. du Mexique est loin d'être sans analogie avec le *Q. larguensis*, Sap. de Manosque ; le faux-cocheniller ou faux-kermès (*Q. pseudococcifera*, Ung.), intermédiaire entre l'yeuse et le cocheniller ou kermès véritable, est fidèlement représenté, aux temps miocènes, par le chêne *méditerranéen* de de l'île d'Eubée : enfin le chêne de Bonn (*Q. Buchii*) est voisin de nos *Q. aquatica* et *heterophylla*, Michx. aux feuilles tantôt caduques et tantôt semi-persistantes.

Nous verrons, dans la flore mollassique, d'autres chênes se rapprocher de certaines espèces fréquentes dans les régions chaudes ou tempérées du centre et du midi de l'Europe actuelle; et, dans le pliocène, paraîtront enfin les chênes rouvres analogues aux variétés communes de notre zone (*Q. sessiflora*, *Q. pedunculata*).

L'auteur fait ressortir avec une grande autorité ces importants rapprochements, et il en tire une argumentation d'une incontestable valeur en faveur de la théorie qui lui est chère. — Il faut en convenir : si l'on fait la part de celles de ces formes qui ont pu périr sans laisser de descendants, de celles qui au contraire ont pu parvenir jusqu'à nous, mais faibles, isolées et sans offrir de caractères nettement tranchés qui permettraient de les comprendre dans un classement certain, on arrive à retrouver en quelque sorte la filiation des divers groupes de formes actuelles qui correspondraient ainsi « à autant d'entités primitives ou races-souches dont les races modernes, décorées ou non du titre d'espèces, ne seraient réellement que des variétés ou formes dérivées (1). » Et M. de Saporta ajoute : « Cette marche a dû être celle du règne végétal presque entier, dès que l'on admet les lois de l'évolution. »

Il est certain que si, dans chaque genre important, l'on pouvait constater l'existence d'une filiation d'espèces aussi

(1) *Loc. cit.*, p 286.

bien caractérisée que dans le genre chêne, la théorie transformiste, en ce qui concerne du moins le règne végétal, approcherait de ce degré de probabilité déjà voisin de la certitude qui permet de classer une doctrine comme acquise à la science. Mais de ce que certains *genres* se sont multipliés en une foule de variétés (dont beaucoup ne sont perceptibles qu'au regard exercé et scrutateur du botaniste), et de ce qu'ils ont pu être ainsi la souche de races fixées depuis un temps assez immémorial pour qu'on ait cru pouvoir leur appliquer légitimement la qualité d'espèces, en résulte-t-il nécessairement et logiquement, que tous les autres genres aient suivi la même marche? que toutes les *familles* végétales aient procédé vis-à-vis de leurs genres comme quelques-uns de ceux-ci à l'égard de leurs variétés? qu'il en soit allé de même de la part des *ordres* vis-à-vis des familles et de la part des *classes* vis-à-vis des ordres?

L'école transformiste répond par l'affirmative, et l'on comprend qu'il y ait dans cette affirmation quelque chose de vraiment séduisant pour l'esprit.

Les non-transformistes sont moins absolus. Ils n'opposent à l'affirmative de l'autre école aucune négation de principe; ils se bornent à appliquer la méthode de Bacon et de Descartes, et jusqu'à plus ample informé, à rester dans le doute.

Une autre considération encore doit résulter de l'examen de la flore aquitanienne.

Si l'on compare l'état de cette flore à Koumi en Eubée, par 38° 40′ de latitude boréale, avec celui qu'elle affecte dans la région de l'ambre, au sud de la Baltique, vers le 54e parallèle, ou à la station de Bovey-Tracie en Devonshire sous 50° 36′, comme à Manosque en Provence (43°50′), on constate que, malgré la ressemblance très grande qui assimile entre elles et fond en une seule ces quatre flores partielles, les indices d'une certaine différence de climats ne leur font pas défaut. Sans doute les mêmes conifères,

les mêmes arbres à feuillage, les mêmes laurinées se retrouvent dans la région de l'ambre comme en Devonshire et en Eubée, et cela associés de la même manière, offrant les mêmes aspects caractéristiques : mais les palmiers s'arrêtent à Bovey et manquent absolument dans la région baltique, où l'on trouve au contraire des pins du groupe laricio et une rubiacée du genre gardénia (*G. Weztleri*, Hr.). En Devonshire on retrouve le *Sabal major* associé au mimosa, aux acacias, aux aralias, auxquels se mêlent ormes, érables et frênes.

A Brognon, près de Dijon, ce sont des plantes ayant crû autour d'eaux limpides et courantes : un flabellaire, une fougère arborescente, un jujubier, un figuier, entremêlés aux chênes à feuilles lauriformes, au laurier et à l'arbre de Judée. — Entre Vevey et Lausanne, en Suisse, l'ensemble est plus complet ; aux types précédents s'ajoutent autour d'un grand lac le dattier, le houx, le camphrier et le cannelier, mêlant leurs branches opulentes à la ramure contournée et à l'élégante feuillée des acacias, tandis qu'un peu plus loin les tiges déliées des fougères grimpantes et des salsepareilles s'enroulent autour du tronc rameux des érables. Sur la surface et au sein des eaux, les nénuphars, les nelumbos, les souchets, les roseaux sont ombragés par des massifs où de nouveaux palmiers se mêlent au nerprun, à l'aune et au noyer. — A Manosque les séquoïas, les glyptostrobes, les plaqueminiers, les ailantes, une foule de laurinées et de légumineuses, contrastent avec des bosquets où les bouleaux, les saules, les peupliers, les frênes, les charmes, les hêtres et les érables forment avec quelques pins tout le peuplement forestier ; ceux-ci, probablement, occupaient les hauteurs, tandis que les massifs de ceux-là, d'ailleurs plus nombreux, égayaient les abords du lac. — Plus abondants encore qu'à Manosque sont les types méridionaux dans l'île de Négrepont, à Koumi où nos aunes, bouleaux, etc., sont représentés par des exemplaires plus rares ; en revanche les chênes verts, les pla-

queminiers, les aralias et les légumineuses abondent avec les conifères d'affinités méridionales, et si le palmier y fait défaut, la présence d'une cycadée africaine déjà mentionnée plus haut, (fig. 7), complète le caractère méridional de la flore aquitanienne de l'Eubée.

Ainsi, dès le commencement du miocène la tendance à la spécialisation des climats commence à s'accuser. L'encephalartos se montre encore, mais comme un type en retraite, au 38e degré de latitude à Koumi, où dominent les types d'affinité tropicale avec essences forestières à feuillage comme plantes subordonnées. Ces dernières, subordonnées encore, se montrent déjà en nombre croissant au niveau de Cardibona (Piémont) et de Manosque, comme entre Vevey et Lausanne, où elles se mêlent, dans une brillante égalité, aux types amoureux des hautes températures. Enfin, au delà de Bovey (51° à 52° lat.), les palmiers disparaissent absolument.

Sous-période mollassique. — L'invasion de la mer de la Mollasse se fit graduellement du sud au nord par suite de mouvements du sol qui, en amenant l'émersion de certains points, produisirent l'affaissement d'un grand nombre d'autres. Après une occupation d'une très longue durée cette mer rebroussera chemin par étapes successives, du nord au sud. Aussi les dépôts laissés par elle s'étagent-ils avec une grande régularité au-dessus des lits de sédiment de l'aquitanien, dans les lieux du moins où la mer mollassique les a recouverts, car son périmètre s'éloigne souvent de celui des lacs de la sous-période précédente.

La conformation de l'Europe d'alors devait n'être pas sans une assez grande analogie avec celle qu'affecte aujourd'hui l'archipel indien. Le climat devait donc y être humide et pluvieux en même temps que la température élevée, deux conditions essentiellement favorables au développement de la vie végétale, et ce n'est qu'avec une extrême lenteur que s'opérera le refroidissement de notre

zone, constaté par le lent mais progressif envahissement du sol par nos arbres à feuilles caduques.

Parmi ces derniers les peupliers tiennent une place considérable, et l'on pourrait appeler la sous-période mollassique l'*ère des peupliers*. L'Europe d'alors les produisait à elle seule en plus grande quantité, en tant du moins qu'individus, que l'on n'en trouverait aujourd'hui sur la surface du globe tout entier, et comme pour les chênes, plus encore peut-être, la filiation des races actuelles avec les types peupliers miocènes peut paraître évidente. Le peuplier à feuilles changeantes (*Populus mutabilis*), d'Œningen, semble identique au peuplier coriace (*Populus euphratica*) des rivages humides du Jourdain, de l'Euphrate et des ruisseaux et rivières de l'Algérie. Le genre peuplier est voisin du genre saule et, seuls de leur famille, tous deux sont des salicinées. On croit que les saules auxquels les Hébreux, déportés en Babylonie, suspendaient leurs harpes, comme il est dit dans l'admirable psaume 136 (1), n'étaient autres que des *Populus euphratica* dont les feuilles, très polymorphes, se rétrécissent souvent en s'allongeant à la manière de celles des saules angustifoliés, et dont les rameaux retombent souvent comme ceux du *Salix pendula*. — Le *Populus latior* ou peuplier à feuilles larges, rappelle par la forme et la dimension de ses feuilles, notre peuplier d'Italie. — Une foule d'espèces miocènes ont leurs analogues dans les climats chauds, d'autres aux frontières mêmes de notre continent.

Les peupliers n'ont pas d'ailleurs le privilège de ce remarquable phénomène qui se manifeste d'une manière plus ou moins apparente dans une foule d'autres types végétaux. On l'a déjà vu, l'on aura encore occasion de le voir.

Parmi les arbres à feuillage nous mentionnerons les

(1) « Super flumina Babylonis, illic sedimus et flevimus cum recordaremur Sion.— In *salicibus*, in medio ejus, suspendimus organa nostra. — Quia illic interrogaverunt nos, etc. »

chênes, déjà plus rapprochés des nôtres, comme on l'a dit plus haut, que ceux de la flore aquitanienne. Les chênes mollassiques sont généralement des chênes verts ou des chênes à cupule chevelue homologues de nos yeuses, de nos cerris et de nos faux-lièges (Q. *prævilex*, Q. *palæocerris* et Q. *subcrenata*, Sap.). On trouve leurs débris au Mont Charray (Ardèche) associés à ceux des érables, des châtaigniers, des charmes du groupe *ostrya* (charme-houblon). Nulle trace encore toutefois des chênes du type rouvre, le seul qui soit représenté, au temps actuel, dans le nord et le centre de l'Europe.

Les tilleuls, jusqu'alors inconnus en Europe (1), les *Celtis* ou micocouliers (2), les aunes, les saules, les bouleaux, se montrent dans la flore mollassique et l'orme y revêt tous les caractères de notre *Ulmus campestris* (3). Le platane (4) et son voisin le liquidambar (5), le planera sorte d'orme (6), une juglandée vulgairement connue sous le nom de noyer du Caucase (7), le tulipier (8), la vigne (9), le faux acacia (*Robinia pseudacacia* (10)), le frêne, le cornouiller, la viorne, la clématite et une foule d'autres genres représentés aujourd'hui par des espèces indigènes ou naturalisées en Europe ou aux abords, couvraient déjà les terres mollassiques concurremment avec le *Parrotia*, arbre voisin de celui dont le bois d'une dureté extrême, est connu en Perse sous le nom de *Bois-de-fer* (11), avec le magnolia (12), avec le

(1) *Tilia vindobonensis*, Ung. des environs de Vienne (Autriche).
(2) *Celtis trachytica*, Ung. à Erdobenye (Hongrie).
(3) *Ulmus Bronnii*, Hr. d'Œningen (Suisse).
(4) *Platanus aceroides*, Gœpp.
(5) *Liquidambar europæum*, Al. Br.
(6) *Planera Ungeri*, Ett.
(7) *Pterocarya*.
(8) *Liriodendron Procaccinii*, Ung., d'Eriz.
(9) *Vitis prævinifera*, Sap. du Mont Charray (Ardèche).
(10) *R. Regeli*, Hr., d'Œningen.
(11) *P. fagifolia*, Gœpp. en Silésie et tout à fait comparable à notre *P. persica* actuel (famille des *hamamélidées*).
(12) *M. Ludwigi*, Ett., de Salzhausen.

figuier (1), avec les lauriers, les avocatiers (*Persea*), les canneliers, les camphriers, les aliboufiers (*Styrax*) à benjoin, les savonniers (*Sapindus*) et une multitude d'arbres ou plantes ligneuses appartenant aux familles des juglandées, des térébinthacées, des célastrinées, des légumineuses, et autres qui, de nos jours, sont spontanées seulement dans les contrées méridionales.

Parmi les conifères, les séquoïas, les taxodiums et les glyptostrobes sont toujours les essences qui dominent mais tout en admettant comme essences subordonnées des thuyas, des torreyas et un salisburia identique à notre ginkgo bilobé du Japon.

Enfin les fougères et les graminées tapissent le sol d'une verdure déjà bien rapprochée de la nôtre. Aux Canaries, l'*Adiantum reniforme* serait la descendante de l'*A. renatum*, Ung. miocène ; notre fougère à l'aigle (*Pteris aquilina*) et notre osmonde royale (*Osmunda regalis*) auraient pour ancêtres, la première la fougère d'Œningen (*P. œningensis*), la seconde l'*O. Heerii*, Gand. — Les graminées gazonnantes servent de pâturage à divers pachydermes éteints depuis, premiers mammifères dignes de ce nom qui aient paru sur la terre.

En somme, la similitude est assez grande entre la flore mollassique ou falunienne et la flore aquitanienne. Toutefois les palmiers sont devenus rares et partout clairsemés en Europe, et le très petit nombre de ceux dont on y relève la présence va bientôt disparaître à tout jamais de la partie centrale de notre zone.

Ne quittons pas la période miocène sans faire une remarque. A propos de la riche flore de l'aquitanien suisse dans laquelle nous avons vu les laurinées, les mimosées, les palmiers, entremêlés de fougères arborescentes, grimpantes et herbacées, s'associer aux arbres à feuillage d'af-

(1) *Ficus tiliæfolia*, Al. Br., voisin de notre figuier des Banians ou *F. bengalensis*.

finités beaucoup moins méridionales, M. Herr estime qu'il faudrait aujourd'hui descendre plus au sud de quinze degrés de latitude, pour pouvoir réaliser un ensemble pareil à celui de la Suisse aquitanienne. Or, si l'on se reporte aux différentes flores de cette sous-période situées entre l'Eubée et le sud de la Baltique, il est facile de reconnaître que celle de Vevey représenterait assez bien la nuance intermédiaire entre ces deux termes extrêmes et pourrait être prise comme l'exemple-spécimen, l'exemple-type de la composition du règne végétal en Europe à l'âge de l'aquitanien. D'où il résulte qu'à cette époque la limite de ce que nous appelons la zone torride, était fixée par un cercle situé de quinze degrés plus au nord que notre ligne du cancer. Cependant, les plantes à affinités tropicales se trouvaient associées à des types végétaux qui, aujourd'hui, ne sauraient supporter les aridités et les longues sécheresses de nos climats torrides. On est donc invinciblement conduit à admettre que la grande élévation de la température s'alliait à un état permanent d'humidité atmosphérique, et cette conclusion se trouve pleinement corroborée par la disposition topographique du continent européen à cette époque, entrecoupé de baies profondes, de fiords allongés ou couvert de lacs et de marais d'une grande étendue.

Durant la sous-période mollassique la situation est en tout point semblable. La température générale a baissé sans doute, puisque les palmiers ont beaucoup diminué et tendent à disparaître ; mais l'ensemble de la flore n'en offre pas moins le riche contraste d'une foule de plantes à affinités africaines ou sud-asiatiques associées à celles, d'ailleurs de plus en plus prépondérantes, de nos climats les plus tempérés. Là encore il fallait donc l'atténuation d'une constante humidité dans l'atmosphère, et c'est ce dont témoigne l'extrême abondance des salicinées, espèces essentiellement aquatiques, comme nous l'avait fait pressentir déjà l'importance de la surface aqueuse dans une Europe réduite aux proportions et à la disposition d'un Archipel indien.

D'ailleurs les explorations de M. Herr dans les couches lacustres d'Œningen en Suisse l'ont amené à cette découverte remarquable de la constatation des saisons. Dans une assise composée de deux cent cinquante lamelles ou feuillets superposés, les débris végétaux sont placés de manière à indiquer clairement la saison à laquelle ils sont tombés. Les fleurs du camphrier, dit M. de Saporta, associées à des feuilles de peuplier annoncent le printemps. Des fruits d'orme, de peuplier et de saule réunis sur le même feuillet, font naître la pensée du commencement de l'été ; enfin les fruits du camphrier et du plaqueminier, ceux de la clématite et de plusieurs composées rassemblés pêle-mêle marquent l'approche de l'automne. L'état général est partout celui-ci : une haute température constante mais rafraîchie par d'abondantes vapeurs aqueuses, une succession de saisons qui ne se fait guère sentir que par des nuances, un repos à peine indiqué de quelques espèces végétales, et partout une richesse de sève et de vie, une variété de formes et d'espèces qui depuis n'a plus été réalisée nulle part au moins avec cette intensité.

L'ère mollassique représente donc l'apogée, le point culminant du développement de la vie végétale en Europe.

V

Période pliocène.

—

L'âge pliocène représente au contraire le règne végétal au commencement de son déclin. Mais c'est un déclin d'une telle lenteur dans ses effets qu'il pourrait presque passer, au moins pendant une notable partie de sa durée, pour le stationnement d'un état peu différent de l'apogée réalisée durant l'ère précédente, si la marche lente et presque in-

sensible du phénomène ne glissait, comme s'exprime l'éminent écrivain, sur une pente qui ne s'arrête jamais. « Ces ornements, ajoute-t-il, que nous envions aux régions favorisées du soleil, cette réunion d'arbres précieux, de plantes nobles ou élégantes auxquelles nous ouvrons un abri artificiel au fond de nos serres et que l'Europe possédait jusque-là, elle va les perdre pour jamais. Les végétaux frappés d'ostracisme prendront un à un le chemin de l'exil; ils s'éloigneront par étapes; c'est leur exode que nous aurions à décrire s'il nous était donné de les suivre pas à pas dans leur route rétrograde, et de les signaler un à un, à mesure qu'ils abandonnent notre sol. »

Cette retraite successive est due à un ensemble complexe de causes variées parmi lesquelles les deux principales, celles qui dominent toutes les autres, sont le retrait lent mais définitif des mers miocènes par suite du soulèvement des Alpes, et l'abaissement croissant de la température, ce dernier phénomène étant d'un ordre d'ailleurs beaucoup plus général que le premier, puisqu'il a, comme nous l'avons vu, son point de départ aux régions polaires, d'où il rayonne graduellement vers le sud dans toutes les directions. On est de là conduit à admettre, pour expliquer un abaissement de température aussi universel, l'action d'un phénomène cosmique. Nous avons, dans la première partie de cette étude, examiné les deux hypothèses admissibles, celle de la concentration du globe solaire qui n'aurait atteint qu'à la fin des temps tertiaires sa réduction actuelle, et l'hypothèse préférable à nos yeux, de déplacements successifs de l'axe du globe, par le contre-coup mécanique des forces intérieures appliquées aux soulèvements orographiques : nous ne reviendrons pas sur ces explications.

Une cause, accessoire sans doute, mais non sans importance, de la disparition de certains végétaux, tout au moins une circonstance connexe et qui ne saurait être passée sous silence, c'est le développement des grands mammifères

herbivores qui, à partir de la fin du miocène, entre dans la voie d'une expansion considérable. Sans admettre, comme vérité acquise et démontrée, que ce fait résulte de « l'évolution de ces êtres supérieurs » touchant à son terme à la fin d'une longue et « obscure » élaboration à la suite de laquelle leurs types, après s'être spécialisés, tendent à se fixer; sans professer que « c'est l'organisme seul qui, en se transformant, a changé peu à peu les pachydermes en ruminants d'une part, en rhinocéros et en solipèdes de l'autre (1) ; » on ne peut se refuser cependant à reconnaître que le développement du règne animal aux temps tertiaires est fatalement lié à celui du règne végétal. Il a fallu que le second fournît au premier des éléments d'une nourriture de plus en plus abondante et variée, pour que celui-ci ait pu croître et se multiplier, quel que soit le sens, spécifique ou générique, auquel on veuille entendre ces deux mots : croître, multiplier. C'est en effet à la fin du miocène et au commencement du pliocène, que paraissent les premiers ruminants, les premiers équidés à la suite des premiers proboscidiens : le dinothérium, cet énorme pachyderme moitié éléphant, moitié tapir, armé sous la machoire inférieure d'énormes défenses disposées à la façon d'une pioche puissante, le mastodonte, les gazelles, les girafes, les hipparions, ces sortes de chevaux au sabot deux fois fendu, les premiers rhinocéros, fleurissent à l'envi et vivent aux dépens de toute végétation. S'ils n'ont pas causé, ils ont au moins hâté la destruction des types condamnés à disparaître. Eux-mêmes disparaîtront à leur tour ou diminueront en nombre et s'éloigneront de nos contrées, à mesure que la végétation suivra la même marche décroissante.

La transition du miocène au pliocène s'est faite par une dégradation tellement peu sensible que l'on a cru devoir donner le nom de *mio-pliocène* à une espèce de sous-période où se confondraient les dernières formes

(1) *Monde végét.*, p. 318.

mollassiques avec les premiers indices de la période nouvelle, en laquelle, si l'on peut ainsi parler, se souderaient les deux âges. Une faune étrangère venue d'Orient et s'étant introduite de proche en proche dans notre continent par les estuaires fluvio-marins nés, à l'est et au midi et par l'effet du soulèvement progressif du sol, des anciens fiords, golfes et baies qui découpaient l'Europe mollassique, caractérise un ensemble de formations reliant les dernières du miocène aux premières du pliocène et que l'on a désignées sous le nom de *couches à congéries*. L'une d'elles, située dans le bassin de Vienne en Autriche, immédiatement au-dessus de la mollasse, et connue sous le nom d'*étage sarmatique* ou à *cérithes*, nous offre une flore absolument comparable à celle du lac d'Œningen, sauf la présence des palmiers déjà rares à Œningen et qui vont finir par disparaître ou à peu près de la surface de l'Europe.

Le callitris (1), cette sorte de thuya algérien, s'y montre encore entouré de camphriers et de canneliers. Le glyptostrobe (2), cupressinée voisine des taxodiums, déjà entrevue au lac aquitanien de Manosque et retrouvée dans le mollassique, apparaît ici avec le bouleau, le planera, le liquidambar, le platane, le bois-de-fer (3), les érables, les charmes, etc., représentés par des espèces voisines ou identiques avec celles d'Œningen, et faisant pressentir par leur multiplicité et leur persistance les changements qui doivent bientôt s'accomplir. D'ailleurs le séquoïa (4), le savonnier (5), l'acacia (6) et bien d'autres, complètent la ressemblance entre la flore sarmatique de Vienne et la flore mollassique d'Œningen.

Dès la formation suivante, dans la même localité et au

(1) *C. Brongniartii.*
(2) *G. europœus*, Brong.
(3) *Parrotia pristina*, Ett.
(4) *S. Langsdorfii.*
(5) *Sapindus falcifolius.*
(6) *A. parschlugiana.*

sein de la couche à congéries immédiatement supérieure, quelques changements se font remarquer. Les callitris, les camphriers et les acacias ont disparu ; les séquoïas persistent ; de vrais bambous se montrent. Dans les formations contemporaines, notamment en Italie, le hêtre apparaît plus fréquemment que par le passé et sous une forme toute voisine du *Fagus sylvatica* de nos forêts actuelles (1) : le charme et les érables pliocènes se rencontrent autour de lui, à Stradella, avec le camphrier miocène (2). Également miocènes, les séquoïas, libocèdres, taxodiums (3), glyptostrobes et ginkgos (4), savonniers, etc., se mêlent, à Senigaglia, à quelques palmiers survivants d'un autre âge et à des chênes, hêtres, charmes, ormes, érables, tilleuls (5) et noyers dont les formes sont toutes voisines de celles des mêmes genres dans le plein pliocène, lesquelles sont également voisines de nos espèces actuelles. Des sassafras (6), des tulipiers (7), des liquidambars, gaîniers (8), platanes, planeras etc., aussi bien pliocènes que miocènes et représentés de nos jours par des homologues, comptent aussi dans la riche flore de Senigaglia. On y remarque également deux chênes de types qui n'avaient pas encore paru et qui, sous des formes peu différentes, parviendront jusqu'à nous : le type rouvre (*robur*) représenté par le *Quercus Fallopiana*, Massal., et le type *chêne à galles (infectoria* par corruption de *insectoria* selon les uns, et selon les autres pour indiquer que les galles de ce chêne servent à la teinture), représenté par le *Q. Cornaliæ*. Un érable, l'*Acer*

(1) *F. Deucalionis*, Gœpp.
(2) *Cinnamomum polymorphum*, Hr.
(3) *S. Sternbergii*, *S. Langsdorfii*. — *Libocedrus salicornioides*. — *T. dubium*, Gœpp.
(4) *Salisburia adiantoides*, Ung.
(5) *Tilia Mastaiana*, Massal.
(6) *S. Ferretianum*. Massal.
(7) *Liriodendron Procaccinii*, Ung.
(8) *Cercis Virgiliana*, Massal.

Cornaliæ, y paraît être l'ancêtre de notre érable à feuille d'obier (1).

La présence du tilleul, jusque-là absent, ou très rare, ou relégué dans les régions arctiques, est un messager qui annonce la tendance au refroidissement. On peut en dire autant du hêtre qui s'accommode mieux de l'excès du froid que de l'excès de la chaleur (2). D'autre part l'existence simultanée avec le hêtre et le tilleul, du platane, du liquidambar, du salisburia, du tulipier et du sassafras qui tous exigent la fraîcheur, sinon l'extrême humidité, atteste l'état de douceur du climat et les pluies abondantes et répétées qui devaient y maintenir les conditions nécessaires à une telle végétation.

Si, de l'Italie nous passons en France, nous retrouverons dans la mollasse marine de Saint-Fons et dans les lignites de La Tour du Pin et de Hauterive, comme dans les sables pliocènes de Trévoux, et, en dehors de la vallée du Rhône,

(1) *A. opulifolium*

(2) Nous aurions à signaler, à cette occasion, une petite dissidence entre M. le comte de Saporta et nous sur un point de détail : « Un climat extrême, dit-il p. 328, ne saurait convenir au hêtre, auquel il faut des précipitations aqueuses dans toutes les saisons. » Cependant, le hêtre de nos jours, en France du moins, croît spontanément au nombre des essences dominantes presque partout, aussi bien en montagne qu'en plaine, dans les Vosges, le Jura, les Alpes à 1500^{m} d'altitude, le Plateau central, la Corse et les Pyrénées (1800^{m} d'altitude), au nord comme au centre, à l'est et à l'ouest. Il n'y a guère que des plaines et des coteaux brûlants du Languedoc et de la Provence qu'il soit exclu. Un habitat aussi étendu en surface comme en niveaux supra-marins implique des climats fort variés dans la plupart desquels les précipitations aqueuses, c'est-à-dire les grandes pluies, ne sont nécessairement ni fréquentes, ni de toutes les saisons. Les auteurs forestiers sont du reste unanimes à représenter le hêtre comme un arbre qui craint les fortes insolations, les trop grandes chaleurs, et dont la feuillée et la floraison précoces redoutent les gelées tardives; mais aucun ne le range parmi les essences à qui l'humidité est nécessaire comme par exemple le peuplier, l'aune ou les saules.

Il nous paraît donc que l'apparition de plus en plus fréquente du type hêtre dans les flores miocène et pliocène doit être rangée parmi les indices de l'atténuation et de l'égalité des climats plutôt que parmi les signes de leur humidité.

dans les cinérites du Cantal, nous retrouverons, parmi ces associations si harmonieuses et si riches des arbres aux formes les plus variées, le type hêtre de plus en plus abondant.

Près de Vaquières (Gard) dans un dépôt immédiatement supérieur aux couches à congéries, il existe les débris très complets de la végétation qui ombrageait les rives et l'embouchure pliocène du Gardon, petit affluent du Rhône aujourd'hui, mais qui se jetait alors dans la mer. Aux types précédents s'y mêlait un aune à feuilles élancées et finement dentées, intermédiaire entre un aune syrien de notre temps et un aune du Japon; deux viornes analogues l'une à notre laurier-tin, l'autre à une congénère indigène en Chine, formaient, avec le célastre épineux (sorte de fusain d'affinité tropicale) et le smilax sarmenteux, l'inextricable sous-bois de ces massifs forestiers. Sur le bord de l'eau ou en contact avec elle croissaient une fougère du type osmonde, l'*Osmunda bilinica*, Sap., et un roseau (1) tout semblable à celui qui de nos jours obstrue les bords du Nil.

Nous sommes au plus beau temps des grands mammifères. Si depuis longtemps le dinotherium a disparu, le tour est venu des éléphants, des rhinocéros à larges narines et des chevaux, ces successeurs sinon ces descendants des hipparions; les carnassiers apparaissent avec l'hyène et le terrible *Machairodus* contemporains de l'ours et du tapir d'Auvergne. Les uns et les autres errent à travers les grands bois de la Gaule pliocène, dans la vallée du Rhône, dans les montagnes du Forez et de l'Auvergne, dans les plaines ombragées que, dans son retrait croissant, a délaissées la mer. Sur les escarpements alpins qui avoisinent Meximieux (Ain) sourdaient et jaillissaient de toutes parts des sources chargées de sels calcaires ; elles s'épanouissaient en ruisseaux et cascatelles au sein d'une vaste et ombreuse

(1) *Arundo ægyptia antiqua*, Sap. et Mar.

forêt, dont les débris entraînés par leurs eaux se sont incrustés dans les concrétions calcaires qu'elles ont déposées. Pour se représenter l'aspect de ces grands massifs forestiers, il faut contempler en esprit les forêts des îles Canaries qui font l'admiration des voyageurs, celles de l'Amérique du nord et de notre jeune Europe, ainsi que la végétation sylvestre des contrées désignées sous les noms un peu vagues d'Orient et d'Extrême-Orient, fondre dans un même ensemble tous ces ensembles si différents et si variés, et animer encore ces sites si brillants par le susurrement des cours et des chutes d'eaux auquel se mêlent sans cesse les hurlements, hennissements, cris, chants et bruits de toute espèce des animaux sans nombre qui peuplent ces forestières solitudes d'où l'homme est encore absent.

Un chêne vert (1) tout à fait semblable aux variétés à feuilles oblongues ou à écorce jaune de notre yeuse, une taxinée aujourd'hui japonaise (2), des lauriers canariens et américains, s'y mêlent aux tilleuls, aux noyers, et, sur le bord des eaux, à un ensemble de peupliers, platanes, magnolias et tulipiers, très semblable quoique non identique aux massifs des mêmes essences que l'on observe en Amérique; le tout diversifié par un laurier-rose et un grenadier (3) peu éloignés de ceux que nous possédons, par un bambou de hauteur médiocre mais envahissant (4), par des houx (5) formant sous-bois avec le daphné (6) et le buis (7). Deux fougères se suspendaient aux interstices des rochers sur lesquels bondissaient les cascades : l'une aujourd'hui exclusivement canarienne, l'*Adiantum reniforme*, L., aurait eu son ancêtre dans l'*A. renatum*, Ung. de la flore

(1) *Quercus præcursor*, Sap.
(2) *Torreya nucifera*.
(3) *Punica Planchoni*, Sap.
(4) *Bambusa lugdunensis*, Sap.
(5) *Ilex canariensis*, Webb, *I. Falsani*, Sap.
(6) *D. pontica*, d. C.
(7) *Buxus pliocenica*, Sap et Mar.

mollassique mentionné plus haut, de même que l'autre, *Woodwardia radicans*, Cav., remontant aujourd'hui par colonies isolées jusqu'aux 43e et 44e parallèles, dans les Asturies et les environs de Bologne, serait une descendante du *W. Rœsneriana* des temps miocènes.

A l'époque de la forêt de Meximieux la vallée du Rhône avait déjà succédé, dans une notable partie de sa longueur, à la mer lyonnaise, sorte d'Adriatique née des premiers retraits de la mer mollassique : elle s'étendait déjà jusqu'aux plaines d'Avignon et de Baucaire que baignait encore la *Méditerranée* d'alors en voie de rétrécissement. Au loin, le long des montagnes de l'Ardèche, du Vivarais, de la Haute-Loire et du Cantal, une triple rangée de volcans semblaient faire cortège à la vallée rhodanienne et travaillaient par leurs incessantes éruptions, au parachèvement graduel du relief de ces contrées primitives dont rien, depuis leur lointaine émersion, n'avait troublé le repos. Des eaux thermales avaient jailli d'abord, des lacs s'étaient formés ; puis s'étaient épanchées les premières coulées de basalte. Ensuite, le relief s'accentuant, les basaltes porphyroïdes, les premiers trachytes viennent à leur tour ; et lorsque de nouvelles éjections des mêmes matières ont fait irruption, suivies de phonolithes et enfin de laves, les volcans fixes à cratères permanents se trouvent constitués.

Le monde organique était alors, dans son ensemble, parvenu à un rare degré de splendeur et de force vitale. Sans doute, la flore n'était peut-être plus aussi uniformément riche en espèces et en formes diverses que durant l'ère miocène ; mais combien brillante et variée encore ! combien puissante et vigoureuse dans sa végétation, combien exubérante dans le milieu qui lui était donné, combien en harmonie parfaite avec sa contre-partie du règne animal !

Les éruptions volcaniques avaient répandu sur de vastes contrées, c'est-à-dire sur d'immenses forêts, des torrents de cendres impalpables ; elles avaient lancé dans l'atmosphère d'énormes nuées de vapeur qui s'étaient résolues en pluies

torrentielles. Des coulées de matières en fusion s'étaient étendues sur le flanc et la base des cratères. Dans l'ébranlement produit par la violence de ces divers phénomènes, une foule d'arbres, tiges, branches, feuilles ou fruits, avaient été renversés, brisés, entrainés ; puis ensevelis dans la masse des cendres volcaniques, ils avaient formé moules sous cette poudre impalpable, et celle-ci détrempée, stratifiée par les eaux, puis durcie, constitue des roches connues sous le nom de *cinérites*, au sein desquelles nous ont été transmis, dans un rare état de conservation, les restes sans nombre d'une immense Pompéi végétale.

On y retrouve, avec plusieurs des types de la forêt de Meximieux, telles que le tilleul à large feuilles (1) et des érables identiques (2), certaines formes nettement miocènes; et en même temps, fait bien remarquable, les différences d'altitude et d'exposition commencent à s'accuser dans la flore de ces parages, de même que nous avons vu depuis longtemps les latitudes s'estomper sur l'ensemble de la flore européenne. La végétation des vallées inférieures nous a été révélée aux abords des ruisseaux et des cascatelles de Meximieux comme sur les rives du Gardon pliocène. Nous trouvons dans les cinérites du Cantal de visibles indices d'une végétation montagneuse. Notre aune vulgaire (3), le tilleul pliocène de Meximieux, un noyer et un planera aujourd'hui caucasiens (4), un charme pareil au *Carpinus orientalis* de la Carniole (46° de lat.) et un de nos ormes indigènes (5) occupent l'un des contreforts méridionaux du volcan cantalais, le *Pas de la Mougudo*.

Le hêtre y était rare, comme s'il préférait une station voisine mais supérieure d'où proviennent des écailles des

(1) *Tilia expansa*, Sap et Mar.
(2) *Acer lætum pliocenicum ; A opulifolium pliocenicum.*
(3) *Alnus glutinosa, L.*
(4) *Pterocarya fraxinifolia*, Spach. et *Planera crenata*.
(5) *Ulmus ciliata.*

cônes de notre sapin d'Espagne ou pinpaso (1) ; et l'on sait que hêtre et sapin sont deux essences qui s'associent volontiers en pays de montagne.

Sur le versant septentrional, à Saint-Vincent, le hêtre devient aussi abondant qu'il l'était peu sur le versant opposé ; il s'y montre associé au véritable chêne rouvre (2), à notre peuplier tremble, et aux érables, charmes, ormes, quoiqu'en moindre proportion, au-dessous d'une forêt de pins couronnant les sommets. Déjà plusieurs des espèces européennes des temps géologiquement modernes, autrement dit de nos espèces contemporaines, ont pris possession, dès les premiers jours de l'ère pliocène, de leur patrie actuelle. Si elles en diffèrent par quelques détails, ce ne sont que différences de minime valeur comme il s'en observe tous les jours entre variétés de mêmes espèces ; et en même temps elles se relient souvent, par des différences non moins minimes, à des types antérieurs. En sorte que la chaîne des transitions, pour un assez grand nombre de plantes et notamment d'essences forestières, passe à travers une partie du miocène et tout le pliocène pour arriver jusqu'à nous, avec la suite ininterrompue de ses anneaux. Argument bien tentant sans doute en faveur de la théorie transformiste ! et quand on contemple de tels faits, il faut faire appel à toute l'austérité des principes de la vraie méthode philosophique pour ne pas se laisser entraîner à généraliser, à toutes les espèce végétales, cette série de consécutions reconnues chez un nombre important d'entre elles. Il est si naturel de penser que, là où les chaînons manquent à notre appel, c'est que nous n'avons pas pu les retrouver et qu'ils doivent ou ont dû exister!

Sur un autre point de la même région, près de Ceyssac, dans le département de la Haute-Loire, on reconnaît, dans les *marnes à tripoli* un peu plus récentes que les cinérites

(1) *Albies pinsapo*, Boiss. indigène dans la Sierra-Nevada et dans les montagnes de la Kabylie.

(2) *Quercus robur pliocenica*, Sap.

du Cantal, les restes d'une flore ayant occupé une vallée profonde bordée de hauts sommets que couronnaient des forêts résineuses. L'aune glutineux des cinérites s'y retrouve mais avec des feuilles plus petites, ainsi que le charme et l'érable (*Acer lætum*), associés au grisaille (1), à notre orme de montagne (2), à une épine blanche toute voisine de la nôtre (3), et à un érable, indigène aujourd'hui dans l'île de Crète. Les autres essences pliocènes à feuilles caduques s'y rencontrent également, notamment le peuplier tremble et le noyer. Le chêne y offre des types fort variés, les uns proches alliés de notre genre *robur*, d'autres qui avoisinent nos chênes des types à galles (*infectoria*), zéen ou zân d'Algérie (*Q. Mirbeckii*, Du Rieu), et de Portugal (*Q. lusitanica*), sans parler de formes disparues ou émigrées dans des régions plus méridionales.

Sur les hauteurs, le sapin, l'épicéa, le mélèze, croissaient associés à l'if et au hêtre ; et ce groupement d'arbres forestiers pliocènes se retrouve en divers lieux de l'Allemagne, tandis qu'en Toscane, au Val d'Arno, aux îles Lipari, le hêtre étend son domaine en compagnie du chêne, de l'arbre de Judée ou gaînier, de divers lauriers, de cette viorne à feuilles persistantes vulgairement appelée laurier-tin, du lierre, du néflier dit Buisson-ardent, etc., sous les formes qui frappent aujourd'hui nos yeux (4). Le palmier nain (5) ou palmette si abondant, si envahissant même dans les plaines de l'Algérie, et que l'on rencontre encore à l'état spontané sur quelques points des côtes méditerranéennes de l'Europe, le palmier nain a laissé des traces non équivoques dans les travertins des îles Lipari ; et vers

(1) *Populus canescens*, Smith.

(2) *Ulnus montana*, Sm.

(3) *Cratægus oxyacanthoïdes* Gœpp.

(4) *Querc. Farnetto*, Ten. aujourd'hui indigène en Calabre, *Q. ilex*, L. — *Cercis siliquastrum*, L. *Laurus nobilis*, L, notre laurier-sauce des cuisinières, L. *canariensis*. — *Viburnum tinus*, L. — *Hedera helix*, L. — *Mespilus pyracantha*.

(5) *Chamærops humilis*.

la même époque un pin, intermédiaire entre notre pin d'Alep (*P. halepensis*, Mill.) de la Provence et le *P. caroliniana* des vallées pyrénéennes, dépose son cône, en même temps que l'*Elephas meridionalis* ses ossements, aux environs de Saint-Martial, non loin de Pézenas (Hérault). Dans une région peu éloignée, à Durfort (Gard), les squelettes de l'éléphant du midi et du rhinocéros sont confondus avec des empreintes de deux de nos formes miocènes attardées au milieu des chênes des types dont nous venons de parler. Nos chênes communs des contrées centrales de l'Europe (*Q. pedunculata*, *Q. sessiliflora*, *Q. pubescens*), n'apparaissent pas encore ; ils ne tarderont pas, et les temps pliocènes ne seront pas accomplis que le chêne sessile se sera montré à Kannstadt, et le pubescent avec les ossements de l'*Elephas antiquus*, dans les tufs de la Provence.

Cependant la température s'abaisse peu à peu. Les glaces commencent à couronner le sommet du pôle et celui des hautes montagnes ; elles descendent le long de leurs flancs jusqu'aux plaines environnantes ; de vastes glaciers s'établissent, l'humidité croissante de l'atmosphère se résout en pluies excessives qui tendent à faire de chaque vallée le lit d'un vaste estuaire, tandis que, par un naturel effet de bascule, le soulèvement progressif du massif des Alpes entraîne la submersion des plages septentrionales de l'Europe. Les climats s'accentuent. La palmette, le pin d'Alep, les chênes Farnetto et de Portugal, le laurier des Canaries peuplent encore les forêts rhodaniennes et du bas Languedoc pendant qu'en Angleterre, dans le comté de Norfolk, le sapin commun (*Abies pectinata* d. C.), l'épicéa (*Picea excelsa*, Lamk.), le pin sylvestre et le pin de montagne (*Pinus sylvestris*, *L.*; *P. montana*, Mill.), — qui ont, depuis, quitté le sol britannique comme le figuier, le gaînier et le laurier se sont éloignés de Paris, — forment de vastes forêts sur les côtes.

Aux plantes et aux formes *éteintes*, ont ainsi succédé les plantes *émigrées*, que remplaceront définitivement durant l'âge quaternaire les espèces aujourd'hui *indigènes*. En portant l'observation sur les temps géologiquement voisins de nous, notre esprit est frappé des similitudes de formes : toutes les espèces sont voisines des nôtres ou existent encore dans d'autres contrées du globe ; quelques-unes même nous sont restées. Un peu plus loin dans le passé les formes sont plus différentes, s'éloignent davantage des nôtres, mais nos groupes d'espèces subsistent dans chaque genre ; en remontant encore, quelques genres seulement indiquent de l'affinité avec les genres actuels ; puis les familles végétales offrent seules des traits généraux de ressemblance avec les caractères étendus qui distinguent nos familles modernes. Près de nous, tout est similitudes, ressemblances, enchaînements, transitions ; au loin tout se sépare, se hérisse de barrières, se parsème de lacunes.... Ne serait-ce pas que la nature, avare de ses secrets, jetterait à dessein, à travers l'éloignement des âges, des obscurités de plus en plus grandes sur ses œuvres, afin de nous cacher à jamais, dans leurs origines, le nœud et la raison d'être des choses, tandis qu'elle nous en laisse au contraire entrevoir la pleine floraison aux approches de l'apparition de notre race? Ainsi le lointain nous échappe quand les merveilles qui nous entourent sont à portée de notre main. Ou bien, au contraire, serait-ce seulement que l'esprit humain, dans son essor, ne se serait pas élevé encore assez haut pour saisir d'emblée l'ensemble et l'harmonie du plan divin ? En aurait-il pressenti, dans la thèse du transformisme des espèces végétales, l'une des grandes et magnifiques lois ? et serait-il destiné, par la persévérance de ses recherches et la patience de ses efforts, à ressaisir peu à peu toutes les mailles encore absentes de ce splendide réseau généalogique des êtres organisés, dont son génie lui aurait, par une sorte d'intuition, révélé l'existence ?

Répondre à cette dernière question par une affirmative

absolue et sans réserves serait téméraire, sans doute ; mais plus téméraire encore serait la négative. Réduite aux limites où, n'étant plus le *Darwinisme*, la théorie qui nous occupe ne cesse pas d'être le *transformisme*, cette théorie a contre elle l'insuffisance du nombre dans les preuves qu'elle invoque, et c'est beaucoup, il en faut convenir. Du moins ne se heurte-elle à aucune objection de principe, ne va-t-elle à l'encontre d'aucun fait qui la puisse renverser, et l'hypothèse discutée et contestée d'aujourd'hui peut être la vérité qui s'imposera demain.

Une sage et impartiale réserve est donc, croyons-nous, l'attitude qu'il convient d'observer tant que quelque grande série de découvertes, apportant un précieux surcroît de lumière dans cette pénombre, n'aura pas forcé, dans un sens ou dans l'autre, l'adhésion de tous les esprits libres et indépendants.

VI.

Mouvements des mers et des climats.

—

Sous le bénéfice de cette attitude expectante, embrassons dans un coup d'œil d'ensemble, les transformations qui se sont accomplies sinon au sein de la vie végétale tout entière depuis ses premières origines, au moins dans ses périodes les plus connues et les plus importantes, dans les subdivisions de l'âge tertiaire.

Trois ordres de phénomènes principaux sont les facteurs de ce grand fait de la marche par étapes successives du règne végétal :

Premièrement la configuration géographique du sol de l'Europe avec ses variations orographiques et hydrologiques.

En second lieu la dégradation successive, à partir d'une

époque donnée, du climat, indépendamment de la proportion relative et de la configuration des terres et des mers.

Ces deux premiers chefs répondent à des faits précis et probants qui ne laissent aucune place au doute.

Enfin, le troisième ordre de phénomènes ne serait autre que l'ensemble des modifications successives éprouvées par le règne végétal dans le principe même des divers organismes, soit sous l'action des causes locales, soit par l'effet des migrations en sens inverses, soit principalement par « les mutations attribuables à l'organisme seul, que le temps entraîne forcément (!) chez les espèces et les types dont il est possible de suivre la marche à travers les âges, comme une conséquence directe de l'activité biologique (1). »

Le relief et la distribution géographique des terres et des mers ont, dans chaque période, réagi d'une manière trop marquée sur le climat, pour que le second fait, celui de la dégradation de ce même climat, puisse en être isolé. Bien qu'indépendant du premier et tenant à des causes extérieures et d'un autre ordre, il ne lui est pas moins connexe, et l'on ne saurait guère les séparer l'un de l'autre. De leur action combinée naissent les « ébranlements » d'où sortent les diversités morphologiques dont nous sommes frappés chez les êtres que nous examinons.

L'Europe, vers le commencement de l'oolithe, ne comprenait guère qu'un groupe de grandes îles qui, graduellement, tendaient à se rejoindre, si bien qu'à l'époque de la craie blanche, cette contrée, séparée de la Scandinavie plus vaste alors qu'elle ne l'est restée, formait un continent central paraissant une réduction de l'Europe de nos jours. Les soulèvements ou exhaussements poursuivent leur cours : l'Allemagne du nord émerge en grande partie, la mer de Paris se rétrécit de plus en plus, et de Nice à la région des Pyrénées et au centre de l'Espagne, de vastes

(1) *Monde des pl.* p. 353.

dépôts fluvio-lacustres révèlent l'existence d'un littoral méditerranéen plus étendu que celui d'aujourd'hui.

L'âge tertiaire débute alors : nous sommes arrivés à l'Europe *paléocène*, qui, si l'on excepte quelques parties de la Champagne et des Flandres, montre à découvert toute la surface européenne actuelle. Une chaleur élevée, mais égale et tempérée par l'humidité, est répandue partout, du 40e parallèle passant près de Madrid au 60e traversant Christiania, comme le prouve la comparaison de la flore de cette époque à des stations très espacées : les roches de Saint-Gely, près de Montpellier, les environs de Sézanne en Champagne, et en Belgique la forêt de Gelinden. Le sassafras, cette manière de laurier à feuilles non persistantes, le lierre, la vigne, les chênes à physionomie syrienne ou japonnaise, le plaqueminier, le magnolia, une sorte de myrte (1), et par dessus tout les palmiers, répandus sans acception de latitudes sur tous les points observés, sont la preuve de cette élévation et de cette égalité de température combinées, malgré la configuration continentale des terres, avec une constante humidité.

Ensuite survient, lente ou brusque, une révolution en sens inverse de la précédente : l'*éocène* moyen ou proprement dit s'inaugure par l'immersion sous les eaux d'une part considérable de l'Europe naguère émergée. Les régions que doivent couvrir plus tard ou avoisiner les Pyrénées, les Alpes, les côtes d'Italie et de Dalmatie, une partie de celles de l'est de l'Espagne, font place à la mer que peuplèrent les nummulites : l'Asie mineure avec la Circassie et les plaines d'Astrakan font place à un vaste archipel ; l'Égypte et le nord-est de l'Afrique sont couverts par cette mer qui s'en va rejoindre l'Atlantique à l'ouest, en laissant au nord une grande île composée d'un morceau méridional de l'Espagne, du nord du Maroc et de l'Algérie,

(1) *Myrtophyllum pulchrum*, Sap.

et se terminant, vers l'est, à la pointe occidentale de la Sicile. La Provence se prolonge vers le sud en une longue presqu'île embrassant dans son parcours la Corse et la Sardaigne, et avoisinant par son extrémité (si même elle ne se soude à elle) la grande île du nord de l'Afrique ; tandis que plus à l'est une importante presqu'île, rattachée par un isthme à la vallée du Rhône non immergée, comprend, avec une portion occidentale de l'Asie mineure, la Grèce, la mer Égée, Crète et archipel compris, la Turquie et une notable partie des provinces illyriennes et hongroises. Cette immense méditerranée nummulitique que bordaient au sud les plages Sahariennes non loin du tropique, et qu'échauffait périodiquement le soleil du cancer, a dû contribuer à apporter à l'Europe de l'éocène moyen le climat très chaud, mais alternativement humide et sec, que révèle la flore de l'époque. La période éocène proprement dite nous offre l'apogée des hautes températures aux temps tertiaires en même temps qu'une invasion des types végétaux d'affinité tropicale vers le centre et le nord de l'Europe, où l'on voit les *Nipa*, les cocotiers, les jujubiers d'Afrique, les gommiers, les lauriers-roses, etc., gagner jusqu'aux plaines de Belgique et aux côtes d'Angleterre, et où les essences à feuilles non-persistantes ne brillent guère que par leur extrême rareté. Dans les régions montagneuses, toutefois, où déjà l'altitude commence à influer sur la température, ces dernières se montrent en un peu plus grand nombre, associées aux chênes verts, aux lauriers, aux plaqueminiers, aux térébinthacées, aux podocarpées. Puis la mer nummulitique se retire graduellement et le climat se modifie : les essences feuillées descendront bientôt des hauts sommets pour se mêler, au pied des montagnes, aux plantes les plus manifestement méridionales ; c'est ainsi que la flore des gypses d'Aix nous montre des bouleau, orme, frêne, érable, saule et peuplier à peu de distance des palmiers, dragonniers, bananiers, mimosées, etc., et tout prêts à descendre à une altitude inférieure dès qu'un léger abaissement de la

température, combiné avec une humidité plus grande, leur rendra habitables les parages inférieurs.

Cette condition nouvelle se réalisera avec la période *oligocène* dont elle sera l'un des caractères distinctifs.— La mer nummulitique s'étant, au sud de l'Europe, retirée et amoindrie, la mer tongrienne avait au contraire envahi les régions septentrionales, exerçant sur le climat et partant sur la végétation une influence opposée. Nous approchons des temps où, du pôle vers des régions moins septentrionales, et des hauts sommets vers la plaine, descendront les formes végétales appropriées à des climats plus humides et moins chauds ; des temps où commencera le mouvement de rétrogradation vers le sud des types à affinités tropicales ou subtropicales. Mouvement d'ailleurs d'une lenteur extrême et dont la propulsion ne s'accomplira d'abord que d'une manière insensible : c'est moins encore la disparition des formes les plus méridionales que l'apparition parmi elles de types relativement plus septentrionaux, qui la signalera.

A son tour la mer oligocène se retire au nord comme la nummulitique l'avait fait au sud, et les lagunes du flysch achèvent de s'assécher. Nous entrons dans l'ère *miocène* par sa période de début, la période *aquitanienne*, qui est une période de végétation luxuriante ; car si la température s'est abaissée assez pour permettre à de nouveaux types venus du nord et des hautes altitudes de s'implanter parmi les formes des régions chaudes, elle a gardé assez de puissance encore pour conserver ces dernières. L'humidité est d'ailleurs devenue permanente : nous sommes au temps des innombrables et grands lacs, des lagunes tourbeuses, des marécages et des larges bouches d'estuaires. Les saules et les aunes, les charmes, frênes, ormes, bouleaux, avec le platane, les séquoïas et glyptostrobes, peut-être le hêtre, en tout cas des chênes verts, des châtaigniers, un peuplier et divers noyers mêlent leur feuillage aux frondes des palmiers, à la dentelle des acacias, à l'épais ombrage des

engelhardtias et des dragonniers ; et si des massifs ainsi composés s'étendent au pied d'un groupe montagneux, comme à Armissan, cette forêt qui marque la transition de l'oligocène au miocène, ils forment comme la ceinture aux couleurs joyeuses de la végétation plus austère et plus sombre d'importants massifs résineux. Des pins d'espèces aujourd'hui canariennes et mexicaines, le sapin de Fortune, Murray (1), et divers autres composaient cette végétation montagneuse.

Les âges tertiaires sont par excellence ceux des alternatives d'émersion et d'immersion des terres européennes. L'alliance des arbres à feuillage avec les grands végétaux d'affinité africaine et sud-asiatique semblait conclue et fixée, lorsque l'invasion de la mer mollassique fut sinon la cause, du moins l'occasion déterminante du lent mouvement de retraite de ces derniers et de la prédominance croissante des premiers. La mer *mollassique* fut comme une reproduction très réduite de l'océan nummulitique ; mais à l'ouest, la mer *des faluns* entaillait fortement la France au centre et au sud-ouest, tandis qu'une autre mer, sans communication directe avec les deux premières, couvrait les deux tiers de l'Espagne. Cette disposition hydrographique contribua à maintenir longtemps encore un climat doux et une température tiède ; et cependant un abaissement général de la température du globe se manifeste évidemment. Indépendamment du retrait graduel des mers miocènes par le soulèvement progressif des Alpes principales, qui nous conduit à l'âge *pliocène*, les glaces finissent par se former sur le pôle, par intermittence d'abord, et l'effet sur le surplus de l'hémisphère en est peu sensible; puis elles se fixent et s'accumulent, et c'est alors que la différence des climats s'ac-

(1) *Abies Jezoensis*, Lindl. ou *Keteleeria Fortunei*, Carr. — C'est un sapin dont les cônes sont érigés sur les rameaux fructifères comme ceux du sapin commun (*Ab. pectinata*), mais avec les écailles persistantes autour de l'axe comme celles des cônes d'épicéa (*Picea excelsa*). Cet arbre habite la Chine et le Japon. En voie d'acclimatation à Angers et à Bourg-Argental.

centue d'une manière de plus en plus marquée et que de plus en plus les formes opulentes des végétaux du midi accélèrent leur mouvement de retraite vers des contrées que le froid ne saurait atteindre.

VII

Mouvements et transformations des types.

CONCLUSION.

Il nous reste à examiner le troisième ordre des phénomènes qui, suivant la doctrine transformiste, concourent à cet incontestable et grand fait de la marche par étapes et des transformations, à travers l'incalculable durée des élaborations créatrices, de la nature végétale. On veut parler des modifications éprouvées par le monde des plantes, et dans la combinaison et le groupement des éléments qui le constituent, et dans la composition intime et en quelque sorte individuelle de ces éléments, en vertu d'un principe de transformation inhérent à leur organisme même.

Au premier de ces deux points de vue, examinons le caractère des divers ensembles de végétations qui ont successivement revêtu le sol de l'Europe tertiaire. Il y en a trois bien distincts et bien tranchés sauf les transitions souvent presque insensibles par lesquelles elles passent de l'une à l'autre : la végétation paléocène, la végétation éocène et la végétation miocène. Quant à la pliocène, elle ne se distingue de la miocène que par l'élimination graduelle des types méridionaux et la prépondérance des types du nord : ce n'est en réalité qu'une végétation miocène amoindrie. Pour bien faire comprendre le sens et la portée de ces distinctions, M. de Saporta divise les éléments de la flore européenne tertiaire en sept groupes :

1° *Éléments indigènes*, nés dans la région et ne l'ayant jamais quittée ; exemples : laurier, vigne, lierre, *nerium* ou laurier-rose, térébinthe, gaînier, certains érables.

2° *Éléments* indigènes mais d'affinité tropicale et éteints depuis, et qui sont *spéciaux à l'Europe tertiaire*, tels que les *Flabellaria* parmi les palmiers ou, parmi les juglandées, les *Palæocarya*.

3° *Éléments* très anciens d'origine ou indigènes et qui, après avoir longtemps habité l'Europe, ont *émigré* dans les régions méridionales où ils existent encore : ailantes, camphriers et canneliers, certains mimosas, acacias, dragonniers, etc.

4° *Éléments* également indigènes et émigrés, mais composés de types *précurseurs* d'espèces des mêmes genres qui se sont maintenues étant moins sensibles au froid : *Betulaster*, *Alnaster*, certains peupliers, érables, saules, etc., des régions montagneuses de la zone méridionale tempérée.

5° *Éléments africains*, autrefois communs à l'Europe et à l'Afrique et qui n'ont persisté que dans les îles et le continent de cette dernière : dattiers, dragonniers, bananiers, thuyas (*Callitris* et *Widdringtonia*), cycadées (*Encephalartos*), etc.

6° *Éléments américains* qui ont longtemps habité l'Europe et n'existent aujourd'hui que dans le sud et le sud-ouest de l'Amérique du Nord : palmiers sabals, pins faux-strobes (*Pseudo-strobus*) et certains chênes verts.

7° Enfin, *Éléments d'origine polaire :* séquoïas, cyprès-chauve, glyptostrobe, ginkgo, platane, liquidambar, chênes du groupe rouvre, et enfin toutes les essences forestières, feuillues ou résineuses, du nord et du centre de l'Europe.

Ces sept groupes se sont répartis de différentes manières suivant les époques.

Les groupes 1, 2 et 3 ont coexisté, pendant l'âge *paléocène*, avec une partie du 4e, représenté par les types forestiers de Gelinden et de Sézanne.

Ces quatre premiers groupes ont également figuré dans l'*éocène* moyen, mais accrus de la flore africaine (cinquième groupe) qui, après avoir enrichi toute l'Europe, s'y maintiendra pendant un fort long temps.

La flore africaine augmente encore d'importance pendant l'*oligocène* qui voit, à ces cinq groupes, s'adjoindre les premiers types d'avant-garde des sixième et septième.

Durant l'âge aquitanien le groupe africain commence à diminuer, à s'amoindrir, tandis que les éléments dont se composent les deux derniers, mais principalement le quatrième, c'est-à-dire celui des types précurseurs de nos types actuels, tendent au contraire à prédominer. Ce mouvement s'accentue pendant toute la durée du *miocène*, et vers la fin de l'âge de la mollasse, les éléments de la flore américaine ont pris la place laissée libre par la disparition graduelle du groupe africain, en même temps que s'éteignent peu à peu les éléments spéciaux à l'Europe tertiaire.

Quand arrive enfin l'âge pliocène, ces derniers, ainsi que ceux du groupe suivant (cinquième), ont à peu près disparu. Un petit nombre d'épaves africaines et américaines de plus en plus clairsemées subsistent encore, et même quelques types de ce quatrième groupe sont parvenus jusqu'à nous sur le littoral méditerranéen (caroubier, myrte, lentisque, etc.). Mais ce sont les quatrième et septième groupe, déjà mis en possession, durant le miocène, d'une part importante du sol européen, qui dominent de plus en plus et caractérisent la troisième époque des temps tertiaires.

Arrivons maintenant à l'ordre d'idées qui constitue à proprement parler toute la doctrine transformiste, à la constatation des changements morphologiques auxquels seraient susceptibles de donner naissance, par l'effet des actions extérieures qui viennent d'être résumées, et l'individu végétal et la race qui en serait sortie. Ce point de vue a déjà été signalé plus d'une fois dans la série d'exposés qui précède : les documents sur lesquels il s'appuie ne sont encore, l'auteur le reconnaît loyalement, qu'en très petit nombre. Nous nous bornerons, pour terminer, à indiquer la marche par laquelle on arrive à présenter en ce sens les considérations les plus concluantes.

Pour mieux se représenter la marche de la nature

dans les faits de cet ordre, il faut les examiner de préférence sur des types ayant toujours été indigènes sur notre sol européen soit par eux-mêmes soit par des formes appartenant aux mêmes genres botaniques. On peut signaler comme types principaux, à ce point de vue, les genres chêne, gaînier, érable, laurier, lierre, oléandre (vulgairement et improprement *laurier-rose*).

Le degré de chaleur, le degré d'humidité d'un climat, et ces deux conditions agissant ensemble ou séparément, ont une action manifeste et considérable sur le développement des organes végétaux et particulièrement de la surface des feuilles. Le climat est-il chaud et humide ? les tissus s'élargissent, les surfaces s'étendent ; chaud et sec ? le contraire arrive et les tissus de moindre développement deviennent plus serrés, plus coriaces pour opposer un obstacle à la déperdition aqueuse ; humide et moins chaud ? mêmes extensions de surfaces que par les deux causes réunies, mais avec moins de fermeté, moins de consistance, moins de soutien dans les tissus : ainsi l'yeuse, le figuier et le myrte privés des chaudes effluves du soleil du midi, sur les côtes brumeuses, sans chaleurs comme sans grands froids, de la Bretagne et de la Normandie, montrent-ils des feuilles plus larges, plus molles, moins coriaces que sous le ciel azuré des côtes méditerranéennes.

Réalisées dans des proportions infiniment plus fortes, des conditions analogues, agissant à tour de rôle pendant les immenses durées des âges tertiaires, ont dû nécessairement produire des effets également plus stables et plus marqués. Prenons par exemple les plantes du genre chêne. Les premières étaient toutes munies de feuilles persistantes, fermes, lustrées : c'étaient des chênes verts. Les uns portent ces feuilles sous la forme d'un ovale plus ou moins allongé, sans dentelures sur les bords : le *Q. Lamberti* du paléocène les porte oblongues de dimensions moyennes ; le *Q. tæniata*, Sap. des grès de la Sarthe, dans l'éocène proprement dit, un climat sec et chaud, les porte plus longues et plus étroites; le *Q. macilenta*, Sap. du calcaire gros-

sier les montre encore plus courtes et surtout plus étroites; la réduction du limbe s'accentue encore avec les chênes des gypses d'Aix. D'autres chênes verts ont les feuilles d'un ovale moins prononcé ou moins régulier, avec leurs bords festonnés ou découpés en lobes plus ou moins sinueux ; ils suivent une marche analogue à celle des premiers, comme l'indique la comparaison de ceux de la forêt paléocène de Gelinden et de ceux des gypses d'Aix, de la flore oligocène de Gargas et de la forêt oligocène-aquitanienne d'Armissan. La section *ilex* des chênes à feuilles persistantes, petites, coriaces, avec lobes en pointes acérées, qui est parvenue jusqu'à nous, se serait ainsi constituée sous l'influence du climat sec et chaud de l'éocène. D'autres chênes voient au contraire leurs surfaces foliaires s'agrandir sous l'influence des climats plus égaux et plus humides du miocène supérieur et du pliocène inférieur.

Du reste les genres chêne, hêtre, châtaignier étaient déjà constitués dans la forêt de Gelinden, dès le paléocène, établissant dès lors le partage de la famille des cupulifères tel qu'il s'est transmis jusqu'à nous. De même pour un grand nombre de genres et de sections de genres : viorne, lierre, saule, cornouiller, vigne déjà séparée du genre *Cissus*, laurinées partagées dès lors comme aujourd'hui en laurier, avocatier, sassafras, cinnamome. D'où l'on conclut que pour trouver une période d'angiospermes prototypiques à genres flottants et non définitivement constitués, il faudrait pouvoir remonter plus loin que le tertiaire, au delà même de l'horizon cénomanien d'où partent les plus anciennes des plantes dicotylédonées connues, et qui déjà offre, dans cet embranchement, plusieurs types dont les variations subséquentes n'ont affecté que les caractères spécifiques, tels, par exemple, que les types lierre et magnolia. « Les découvertes futures, ajoute l'auteur, non sans une certaine mélancolie, apporteront seules, si elles se réalisent jamais, la clef d'un pareil problème (1). »

(1) *Mond. des pl.*, p. 382.

Il ne faut donc pas songer, quant à présent, à trouver et suivre la marche, à décrire la formation des genres proprement dits à travers le cours du tertiaire ; et même, pour arriver à un tel résultat sur les sous-genres et les groupes d'espèces, il faudrait que tous les organes des plantes de cet âge nous fussent parvenus, « de telle façon qu'il fût possible d'analyser les parties des fleurs et la structure intérieure des organes de la fructification, comme on le fait lorsqu'il s'agit de la dentition et du squelette des vertébrés. » — Il faut donc se borner à étudier les innombrables diversités spécifiques auxquelles ont donné lieu les genres une fois constitués et fixés.

En suivant cette voie, si l'on observe par exemple le type laurier, on constate que le laurier des Canaries, qui n'est qu'une variété ou tout au plus une race de notre *Laurus nobilis*, existait déjà dans la forêt pliocène de Meximieux où il représentait une simple extension des formes du *L. princeps*, Hr., du miocène supérieur, lui-même également rapproché du *L. primigenia* de l'Aquitanien et de l'oligocène. Or ce dernier procédait, de façon tout analogue, du *L. Decaisneana*. Hr., de l'éocène et celui-ci du *L. Omalii*, du paléocène.

Notre lierre contemporain (*Hedera helix*) aurait une généalogie plus reculée ; il remonterait à l'*Hedera primordialis*, Sap., de la craie cénomanienne. Le paléocène nous offre l'*H. prisca*, Sap., qui s'éloigne déjà assez sensiblement de son prédécesseur approprié à un climat plus humide. L'*H. Philiberti*, Sap., par sa feuille étroite et allongée, justifie bien l'influence du climat éocène moyen auquel il a appartenu ; il serait l'ancêtre commun d'une multiple descendance : de notre lierre d'Europe par l'*H. acutelobata*, Sap., du pliocène inférieur, — du lierre d'Irlande par l'*H. Mac-Cluri* du miocène inférieur groënlandais,— enfin du lierre d'Alger.

L'élégant arbrisseau improprement appelé laurier-rose, le *Nerium oleander*, remonterait, par une filiation assez semblable, au laurier-rose crétacé de Westphalie,

N. Rohlii, dont se rapproche sensiblement de nos jours le *N. odoratum* de l'Inde et de Java. De ce Nerium crétacé seraient issus deux formes éocènes assez différenciées entre elles : le *N. parisiense*, Sap., d'où serait issu l'*odoratum ;* et le *N. sarthacense*, Sap., prototype du *N. oleander pliocenicum* de Meximieux, qui ne présente d'autres différences avec le nôtre que ces minimes nuances suffisant à peine à constituer une variété. On ne saurait donc légitimement l'en séparer.

Ces filiations, que l'on s'est borné à mentionner et une infinité d'autres encore que l'on pourrait invoquer, ne sont point arbitraires. Elles reposent sur des similitudes et des différenciations graduelles d'organes, de feuilles principalement, parvenus jusqu'à nous, et que peut vérifier toute personne quelque peu versée dans la botanique et la physiologie végétale, qui prendra la peine de consulter ces documents du passé de notre globe. On comprend sans peine qu'un invincible attrait porte le savant vers l'extension et la généralisation d'une loi dont il constate ou croit constater la répétition et la similitude en un si grand nombre de cas, sur une telle variété d'exemples. On ne saurait s'étonner qu'il entrevoie là « l'unité ou, pour mieux dire, la continuité de l'ancienne végétation, la solidarité intime de toutes les parties dont elle se compose, reconnaissable à travers les modes, les stades et les variétés innombrables que le temps a fait naître et que les circonstances ont développées, en éveillant les tendances inhérentes à l'organisme (1). » Et pourtant nous ne saurions le suivre si loin : nous ne saurions oublier que ces *processus*, établis sur la comparaison d'organes après tout incomplets et partant insuffisants, ne s'appliquent, pour chaque genre, qu'à des espèces. En admettant, comme invinciblement démontrée et acquise, la formation des espèces par altérations successives ou parallèles d'une espèce primitive élevée par là au rang de genre, nous ne voyons pas que la même loi

(1) *Monde des pl.*, p. 392.

s'applique inéluctablement à la formation des genres par rapport à un type plus primitif parvenu ensuite au rang de famille. Et l'on nous a avertis que les documents manquent pour établir ce mode de formation non seulement pour les genres par rapport aux familles, mais encore pour les sous-genres et groupes d'espèces par rapport aux genres. L'ensemble des espèces constituant chaque genre pourrait, comme notre éminent contradicteur semble l'avoir démontré pour quelques cas, n'être que la descendance variée d'une espèce ancestrale primitive, sans que l'on puisse être fondé à faire remonter cette loi généalogique au-delà. L'analogie ne suffit pas, à elle seule, à constituer une loi.

Encore une fois, loin de nous la pensée de nier la possibilité d'une doctrine dont nous contestons seulement la certitude : la loi du transformisme végétal est plausible, elle n'assume contre elle aucune invraisemblance, aucune antinomie, et, — l'on ne saurait trop le redire, — elle est peut-être la vérité de demain. Ce n'est point assez pour l'accepter comme la vérité d'aujourd'hui, comme la vérité évidente et sans conteste, comme la vérité enfin. Que les recherches soient poursuivies, que les faits s'accumulent, que d'incessantes découvertes viennent combler peu à peu les lacunes, reconstituer tous les anneaux qui manquent à la chaîne, rétablir les mailles sans nombre dont l'absence laisse de si larges vides dans le réseau entrevu ; alors, mais alors seulement, la doctrine transformiste pourra défier tous contradicteurs. Ses partisans recueilleraient alors la gloire légitimement due à ces esprits d'élite qui, devançant les temps et pressentant l'avenir, ont su de loin prévoir et annoncer les solutions définitives, réservées seulement à une synthèse basée sur l'entière et complète observation des faits.

JEAN D'ESTIENNE.

L'AVEUGLEMENT SCIENTIFIQUE

HUITIÈME ARTICLE (1).

IX. LA DIFFÉRENCE ESSENTIELLE ENTRE L'HOMME ET LES ANIMAUX.

Nous avons étudié dans les deux chapitres précédents les forces volontaires qui, malgré les nombreuses ressemblances entre le végétal et l'animal, établissent entre eux une différence si évidemment essentielle que l'on est forcé de les ranger dans deux *règnes* distincts. En revanche, elles constituent une ressemblance entre l'animal et l'homme ; et nous devons maintenant nous occuper de ce qui différencie ces deux êtres.

Un savant bien connu de nos lecteurs, M. l'abbé Hamard, a déjà traité ce sujet dans la *Revue des questions scientifiques* (2). Il l'a embrassé tout entier et, comparant d'abord l'organisme de l'homme à ceux des animaux les plus rapprochés de lui, il a surtout signalé comme propres à l'homme les six caractères suivants : 1° l'attitude verticale; 2° l'existence de deux mains seulement ; 3° la forme du

(1) Voir *Revue des questions scientifiques*, livr. de janvier, avril et juillet 1877, avril et octobre 1878, janvier et juillet 1879.

(2) La place de l'homme dans la création. Juillet 1878.

système dentaire ; 4° la nudité partielle de la peau ; 5° la structure de l'encéphale ; 6° la conformation générale de la tête. Mais après avoir étudié ces différences organiques, il n'hésite pas à déclarer que, « loin de pouvoir constituer un *règne*, elles sont à peine assez marquées pour caractériser un *ordre*, à plus forte raison une *classe* ou un *embranchement* dans la série animale. » Tous les naturalistes sont là-dessus du même avis. Pour nous, qui n'avons en vue que la *différence essentielle*, nous n'hésitons pas à reconnaître, avant même de bien préciser le sens de ces deux mots, que les six caractères énumérés ne peuvent nous la fournir.

Et cependant plusieurs de ces caractères, notamment le premier, le cinquième et le sixième, sans constituer par eux-mêmes la différence essentielle, en sont comme le reflet et semblent en porter l'empreinte. C'est ce qui, de tout temps, leur a valu l'attention des philosophes. Citons à ce propos trois passages bien remarquables, extraits d'un même article de la *Somme* de saint Thomas d'Aquin (1).

Voici d'abord l'une des raisons de l'attitude verticale données par ce grand homme : « Afin que les *forces intérieures* soient plus *libres* dans leurs opérations ; *le cerveau où*, d'une certaine façon, *celles-ci s'accomplissent*, n'étant pas déprimé, mais élevé au-dessus de toutes les parties du corps. — Ut interiores vires liberius suas operationes habeant ; dum cerebrum, in quo quodammodo perficiuntur, non est depressum, sed super omnes partes corporis elevatum. » On va voir, dans le second passage, pourquoi les forces intérieures du cerveau doivent être plus libres dans l'homme que dans les animaux ; et la suite de cet article montrera que cela tient précisément à la différence essentielle; mais avant de transcrire ce second passage, nous ne pouvons résister à l'envie d'attirer l'attention sur les mots que nous avons soulignés dans le premier. Ils semblent résumer parfaitement la théorie développée aux chapitres

(1) Première partie, question 91, article 3.

précédents sur les forces volontaires qui, appliquées par nous librement aux divers points du cerveau, doivent rendre compte des mouvements musculaires et des sensations. Mais gardons-nous d'exagérer ; n'oublions pas qu'au XIIIe siècle la dynamique et la physiologie étaient encore à naître ; et que l'on ne pouvait alors attacher aux termes de cette remarquable proposition le sens précis que nous leur donnons aujourd'hui.

Le second passage est relatif à la structure de l'encéphale. « Entre tous les animaux, l'homme devait avoir, relativement à son corps, le plus grand cerveau.... pour y accomplir plus librement les opérations des forces intérieures sensitives, lesquelles sont nécessaires pour l'opération de l'intelligence. — Necessarium fuit quod homo inter omnia animalia respectu sui corporis haberet maximum cerebrum.... ut liberius in eo perficerentur operationes interiorum virium sensitivarum, quæ sunt necessariæ ad intellectus operationem. » On voit ici que la structure de l'encéphale est mise en rapport avec l'opération intellectuelle, c'est-à-dire, comme nous le verrons plus loin, avec ce qui différencie essentiellement l'homme de l'animal.

On fera la même remarque sur le troisième passage, où saint Thomas s'occupe du sixième caractère, de la conformation générale de la tête : « Si l'attitude de l'homme était horizontale, si ses mains lui servaient comme pieds de devant, c'est avec la bouche qu'il devrait saisir sa nourriture. Il aurait donc un museau allongé, des lèvres dures et grossières, et une langue également dure, pour échapper aux lésions extérieures, comme on le voit dans les autres animaux ; et une telle disposition empêcherait absolument le langage qui est une œuvre propre de la raison. — Si haberet pronam staturam et uteretur manibus loco anteriorum pedum, oporteret quod cibum caperet ore; et ita haberet os oblongum, et labia dura et grossa, et linguam etiam duram, ne ab exterioribus læderetur, sicut patet in aliis animalibus : et talis dispositio impediret locu-

tionem, quæ est proprium opus rationis. » Nous n'insisterons pas davantage sur ces caractères de l'organisme humain ; car, malgré leurs rapports évidents avec la différence essentielle que nous voulons étudier, on voit aisément que, considérés en eux-mêmes, ils ne peuvent constituer cette différence. En effet, si l'on passe en revue la série animale, on y aperçoit aussitôt de nombreux groupes qui se distinguent des autres par des caractères organiques encore plus tranchés ; et l'on n'est pas obligé pour cela de chercher aux extrémités de la série. On devrait donc reconnaître tous ces groupes comme essentiellement différents de l'ensemble, si les raisons organiques suffisaient à isoler ainsi le groupe humain.

Des raisons de cet ordre ne sont pas même suffisantes pour différencier exactement l'animal du végétal. Dans la belle étude qu'il a publiée sur *Les caractères distinctifs de l'animalité* (1), M. Hamard a parfaitement établi cette conclusion : « Ce serait en vain, dit-il, que l'on s'appuierait sur des manifestations vitales appelées fonctions de la vie organique pour différencier les deux règnes. Non seulement ces diverses fonctions se retrouvent chez l'un et l'autre, mais elles s'y exercent dans des conditions analogues et le plus souvent de la même manière.... Il n'y a de fonctions véritablement caractéristiques de l'animalité que celles qui se rapportent à la faculté de sentir. Caractérisée par le mouvement volontaire, reconnaissable lui-même à son irrégularité et à son intermittence, la sensibilité existe chez tous les animaux et n'existe que chez eux. »

On conviendra sans peine que nous étions parfaitement d'accord avec cette conclusion de M. Hamard, quand aux forces *nécessaires*, causes de tous les phénomènes végétatifs, nous opposions les forces *volontaires* qui se révèlent dans les phénomènes de sensation et de mouvement propres aux animaux. On reconnaitra aussi aisément que nos deux

(1) *Revue des questions scientifiques*, janvier 1878.

derniers chapitres, publiés après son travail, ne font pas double emploi. Tandis qu'il s'occupe surtout de la classification des êtres, nous poursuivons uniquement l'analyse de leurs facultés ; il compare les caractères observés, nous essayons d'apercevoir les phénomènes élémentaires ; il s'appuie sur les découvertes des naturalistes, nous invoquons presque uniquement les principes de la dynamique et les travaux des mathématiciens. Au chapitre VII nous posions et cherchions à résoudre les deux questions suivantes : « Y a-t-il dans les phénomènes vitaux d'autres actions matérielles que les actions atomiques étudiées jusqu'ici ; et par suite nous révèlent-ils l'existence de nouveaux agents ? Quelle nature, quelle puissance active particulière faudrait-il reconnaître à ces nouveaux agents, à ces nouvelles causes substantielles ? » Au chapitre VIII nous complétions la démonstration de l'existence des forces mécaniques volontaires, et nous indiquions comment elles se prêtent à l'explication des mouvements musculaires et des sensations dans l'homme et les animaux. Une pareille marche ne mène pas seulement à bien préciser la différence caractéristique qui sépare l'animal du végétal ; en nous la faisant reconnaître jusque dans les facultés primordiales des substances, elle a l'avantage de montrer bien clairement que c'est une différence essentielle.

Nous voudrions de même, dans le présent chapitre, par une analyse raisonnée des phénomènes caractéristiques, suivre jusque dans les facultés primordiales de l'homme et de l'animal la différence qui sépare ces deux êtres, et montrer ainsi qu'elle appartient réellement à leur essence ; et quoique au fond nous admettions ce que M. Hamard a exposé dans son travail sur *La place de l'homme dans la création*, nous croyons qu'ici encore il n'y aura pas double emploi.

La question ainsi posée, il est à peine nécessaire d'en montrer l'importance et l'actualité. Nous citions, au premier chapitre, une série de thèses monstrueuses dont la

réfutation scientifique est pour nous un devoir de conscience, parce que le charlatanisme des sectaires contemporains essaie chaque jour de les accréditer au nom de la science, parce que parfois même quelques savants les appuient de leur autorité. Dans ce triste programme se trouve la thèse suivante : « Entre les mouvements réflexes ou instinctifs d'un zoophyte et les formes les plus élevées de la raison de l'homme, il n'existe que des différences de degré, non d'essence. » Cela procède du matérialisme et mène à la dégradation. L'orgueil s'en offense peut-être, mais d'autres passions s'en accommodent, qui, sollicitant l'homme à se rapprocher de la brute, préfèrent lui parler de degrés à descendre plutôt que d'abîme à franchir. Puisqu'une fausse science se fait aujourd'hui leur complice, la science sérieuse a le devoir de soutenir contre elles l'intime conviction que l'homme a de sa noblesse, et d'appuyer ainsi la morale et la religion qui lui disent que noblesse oblige.

Commençons par une déclaration qui a son importance. La théorie que nous allons exposer nous paraît parfaitement d'accord, pour le fond, avec ce que pensent la plupart des savants spiritualistes ; mais dans sa forme elle nous est suffisamment personnelle pour que nous la présentions avec une certaine hésitation. Tout en l'appuyant de raisons qui nous semblent valables, nous déclarons la soumettre au jugement des hommes compétents, prêt à accueillir leurs critiques avec autant de reconnaissance que de sincérité.

Voici d'abord comment elle peut se résumer en quelques lignes. La différence fondamentale entre l'animal et l'homme se trouve dans leur faculté de connaître. Tandis que l'homme peut connaître les phénomènes matériels, les phénomènes intellectuels et les causes substantielles dont ces phénomènes sont les actions, la faculté de l'animal ne dépasse pas les phénomènes matériels ; le

reste lui échappe, il ne connaît ni les phénomènes intellectuels ni les substances.

Pour bien comprendre le sens de cet énoncé, il faut se rappeler les principes exposés au chapitre IV, principes qu'on nous permettra de répéter ici en les abrégeant un peu.

Tout phénomène, disions-nous, se compose d'une série continue de phases successives. Il peut arriver que plusieurs de ces phases se ressemblent parfaitement entre elles; elles n'en seront pas moins distinctes les unes des autres, et l'ordre de succession, le rang qu'elles occupent dans la série, suffit pour les distinguer. Cette succession continue de phases distinctes est absolument essentielle au phénomène ; sans ce caractère il est impossible de le concevoir ; en d'autres termes, *son existence est essentiellement étendue dans le temps.*

Nous rappelions alors le curieux sophisme par lequel on semble établir qu'une pareille existence n'en est pas une. Voilà, dit-on, une action qui a commencé il y a une heure, elle se terminera dans une heure. Mais toute la portion déjà passée de cette action, par cela même qu'elle est passée, *n'existe plus ;* la portion future *n'existe pas encore.* Or, ces deux portions font le tout ; car le tout ne dure que deux heures. Il ne reste donc rien pour le présent, c'est-à-dire pour la seule portion dont on aurait pu dire : *elle existe.* Donc il faut dire que le tout, c'est-à-dire l'action considérée, n'a aucune existence.

Sans répéter ici la réfutation de ce jeu d'esprit, rappelons que, malgré son évidente futilité, il a une importance réelle. Il montre, en effet, que nous avons l'idée d'un autre ordre d'existence, d'une existence qui ne se compose pas de phases successives et distinctes, mais qui est permanente, essentiellement permanente, et appartient à des choses dont le cours du temps n'altère pas l'identité. C'est elle que nous cherchons toujours, que nous voyons toujours à travers l'existence fugitive qui se distribue dans le temps, c'est elle surtout qui nous semble mériter le nom d'exis-

tence, et voilà pourquoi, dans le sophisme qui précède, nous prenons aisément le change. Si au lieu de conclure que le phénomène n'a aucune existence, on avait simplement conclu qu'il ne possède pas cet ordre d'existence permanente, on n'aurait pas fait un sophisme, on serait resté dans la vérité.

Il suffit du reste de sonder notre conscience individuelle pour y trouver profondément empreinte l'idée de cette existence permanente. Car chacun de nous a de lui-même, de ce qu'il appelle *moi*, une connaissance directe, parfaitement distincte et même indépendante de la connaissance qu'il a aussi de ses propres actions. C'est cette connaissance directe qui seule lui permet de reconnaître sa simplicité à travers la multiplicité de ses actions, son identité à travers leur succession. C'est elle qui proprement constitue sa conscience, forme la base de sa responsabilité, et fait qu'il est un être moral. Mais qu'est-ce que cette identité que le temps n'altère pas, qui fait que je suis absolument *le même* homme aujourd'hui qu'hier, bien que mes actions d'aujourd'hui soient tout au plus semblables à celles d'hier? Qu'est-ce, sinon l'existence permanente dont nous parlons? C'est elle qui appartient aux *agents*, tandis que les actions n'ont qu'une existence fugitive. L'action est essentiellement dans le temps ; l'agent, au contraire, n'y est pas par son essence, toujours identique avec elle-même, il n'y est que par ses actions. De plus, pour que j'existe, il n'est pas nécessaire que telle ou telle de mes actions existe, mais aucune de mes actions ne pourrait exister, si je n'existais pas. Nous concevons donc l'existence permanente de l'agent, comme condition indispensable de l'existence fugitive de l'action et, par une métaphore très naturelle, nous plaçons la première pour ainsi dire au-dessous de la seconde, pour soutenir celle-ci. De là les noms de *substance* et de cause *substantielle*. La cause substantielle d'un phénomène est donc l'agent permanent dont le phénomène est l'action passagère ; elle est au phénomène ce

que, d'après le témoignage de ma conscience, je suis à mes actions ; elle reste identiquement la même, pendant que son action s'écoule en phases distinctes.

C'est, on le voit, à notre conscience, à la connaissance de nous-mêmes que nous devons recourir pour nous former d'une manière parfaitement claire, ou plutôt pour isoler nettement dans notre esprit l'idée de cause substantielle. Il y a pourtant une différence radicale entre la manière dont chacun de nous se connaît lui-même, et celle dont il connaît toutes les autres substances. Moi, je me connais *directement*, tandis que je ne connais les autres qu'indirectement, par leurs actions, comme causes de leurs actions. Cette distinction est très importante. Je me connais directement ; car si je ne me connaissais que par mes actions, je ne pourrais pas savoir avec une certitude absolue que plusieurs de mes actions, simultanées mais différentes, ont bien réellement un seul et même auteur, ni que l'auteur de mes actions d'hier est bien le même que l'auteur de mes actions d'aujourd'hui ; et cependant ces connaissances sont claires, précises, obstinées même au fond de ma conscience. Je les possède si bien qu'il m'est ordinairement impossible de m'en dépouiller et de les contredire, même pour un moment, tant la vue de moi-même et de mon existence est directe et immédiate. Au contraire, pour les autres agents, s'ils n'agissaient pas, si je ne connaissais d'abord tels ou tels de leurs effets, que saurais-je de leur existence ? Ici encore la conscience répond sans hésiter : je n'en saurais rien ; je n'ai ni organe ni facultés pour me mettre directement en rapport avec leur substance. Si je ne savais qu'ils agissent, je ne saurais pas qu'ils sont. Il peut exister, il existe sans doute des myriades d'agents dont je ne sais absolument rien, qui n'existent pas pour moi, uniquement parce que leurs actions n'arrivent pas jusqu'à moi. Il n'en est aucun dont je puisse me dire qu'il existe certainement, et dont cependant je ne connaisse aucune action. Pour moi donc, un agent distinct

de moi est exclusivement défini par son activité ; il est la substance capable de produire telles et telles actions. Je connais directement ses actions, j'en conclus son activité, et l'agent n'est pour moi que le support substantiel de cette activité.

Ces notions rappelées, on voit aisément ce que nous voulions dire en distinguant les substances et les phénomènes. Quant à la sous-distinction des phénomènes en matériels et intellectuels, elle n'a évidemment pas besoin d'explication. Notre thèse est donc parfaitement claire; mais il nous reste à l'établir.

Toute la difficulté de l'entreprise, après ce que nous venons de rappeler, se concentre sur la dernière partie, sur celle qui concerne les animaux. Car, pour ce qui nous concerne individuellement, nous avons le témoignage irrécusable de la conscience ; et pour les autres hommes, le langage nous informe de l'état de leurs connaissances. Mais quels phénomènes, quels signes nous révéleront ce qui se trouve dans la connaissance des animaux ? Comment surtout, car c'est bien de cela qu'il s'agit, comment saurons-nous ce qui ne s'y trouve pas ?

Il est incontestable qu'une pareille étude exige de la critique et du discernement, mais elle ne dépasse pas la portée de l'observation. En effet ces facultés dont il faut constater la présence dans l'animal, l'homme les possède certainement. Il peut donc les étudier sur lui-même ; et comme elles ne sont pas stériles, comme elles concourent à produire un grand nombre de phénomènes extérieurs, il peut, en s'observant lui-même, découvrir quels sont leurs effets naturels, pour conclure ensuite des effets aux causes, avec une certitude suffisante, quand il raisonnera sur les phénomènes observés chez les animaux. C'est la méthode que nous suivrons en examinant les quatre points où la différence entre l'homme et la bête s'accuse le plus clairement. On sait que ces quatre points, considérés par presque tous les auteurs qui étudient cette question, sont le langage, la per-

fectibilité, la morale, la religion. Les deux premiers nous montreront que les animaux n'ont point connaissance des phénomènes intellectuels, même de ceux qu'ils produisent ; les deux autres, qu'ils ne connaissent aucune cause substantielle.

Langage. — Il faut entendre ce mot dans le sens le plus large, comme signifiant la faculté d'exprimer volontairement et de communiquer ainsi une connaissance quelconque. Dans ce sens on ne peut dire que les animaux sont muets ; mais on ne peut non plus nier qu'il y ait en fait une énorme différence entre leur langage et celui de l'homme. Avant de rechercher les causes de cette différence, nous devons la bien caractériser.

Les savants matérialistes ne peuvent ici nous rendre aucun service. Leur dogme fondamental les oblige à atténuer autant que possible et, pour y parvenir, ils cherchent naturellement à confondre les choses les plus distinctes. Nous n'avons pas même à les réfuter directement ; car, sans compter que la fausseté de leurs principes contradictoires a été déjà plusieurs fois exposée dans les chapitres précédents, il suffira évidemment de répondre à des savants spiritualistes qui, sur cette question du langage, admettent librement, sans arrière-pensée dogmatique et, par suite, avec plus d'autorité, la thèse que les matérialistes sont condamnés à soutenir. Le plus illustre de ces savants est sans contredit M. de Quatrefages dont voici les paroles (1) :

« Plus je réfléchis, plus je me confirme dans la conviction que l'homme et l'animal pensent et raisonnent en vertu d'une faculté qui leur est commune et qui est seulement énormément plus développée dans le premier que dans le second. Ce que je viens de dire de l'intelligence je n'hésite pas à le dire aussi du langage qui en est la plus haute manifestation. Il est vrai que l'homme seul a la

(1) *L'Espèce humaine.* Paris, 1877 p. 15.

parole, c'est-à-dire la *voix articulée*. Mais deux classes d'animaux ont la *voix*. Il n'y a là encore chez nous qu'un perfectionnement immense, mais rien de radicalement nouveau. Dans les deux cas, les sons, produits par l'air que mettent en vibration les mouvements volontaires imprimés à un larynx, traduisent des impressions, des pensées personnelles, comprises par les individus de même espèce. Le mécanisme de la production, le but, le résultat sont au fond les mêmes.

» Il est vrai que le langage des animaux est des plus rudimentaires et pleinement en harmonie sous ce rapport avec l'infériorité de leur intelligence. On pourrait dire qu'il se compose presque uniquement d'interjections. Tel qu'il est pourtant, ce langage suffit aux besoins des mammifères et des oiseaux qui le comprennent fort bien. L'homme lui-même l'apprend sans trop de peine. Le chasseur distingue les accents de la colère, de l'amour, du plaisir, de la douleur, le cri d'appel, le signal d'alarme ; il se guide à coup sûr d'après ces indications ; il reproduit ces accents, ces cris de manière à tromper l'animal. Bien entendu que je laisse en dehors du *langage des bêtes* le chant proprement dit des oiseaux, celui du rossignol par exemple. Celui-ci me paraît dépourvu de toute signification, comme le sont les vocalises d'un chanteur, et je ne crois pas à la traduction de Dupont de Nemours. »

Ainsi donc le langage des animaux est, selon M. de Quatrefages, le produit d'une faculté qui au fond, c'est-à-dire essentiellement, est identique avec celle de l'homme, bien que dans celui-ci elle soit énormément plus développée. Il n'y a qu'une différence de degré, non d'essence. La preuve c'est que, de part et d'autre, il y a au fond un même mécanisme avec le même but et le même résultat.

Cette preuve sur laquelle repose tout le reste, cette formule donnée comme résumant les faits fondamentaux, est-elle bien établie par l'observation ? Voilà ce qui doit d'abord uniquement nous occuper. M. de Quatrefages n'apporte

aucun fait à l'appui. Nous croyons qu'elle est inexacte et que les faits la contredisent. Nous admettons, il est vrai, que le mécanisme est au fond le même de part et d'autre, non seulement pour le son, mais aussi pour les gestes ; car il ne faut pas oublier que les gestes servent comme le son à exprimer des connaissances. Nous accordons aussi l'identité du résultat qui, de part et d'autre, est la communication. Ce que nous nions, c'est l'identité du but.

Le but dont il s'agit est évidemment l'intention qui préside à l'émission du son ou à la formation du geste. Eh bien, nous soutenons que cette intention est fort différente dans le langage humain et dans le langage de la bête. L'homme qui parle a généralement l'intention explicite de communiquer sa pensée. Parfois sans doute il a en même temps une autre intention, il communique sa pensée pour obtenir en outre tel ou tel avantage, pour écarter tel ou tel inconvénient ; mais souvent aussi il ne veut pas autre chose que cette simple communication. Il y trouve un avantage suffisant pour le déterminer à parler. Quand il raconte, quand il cause, quand il enseigne, quand il discute un point théorique quelconque, il n'a le plus souvent d'autre but que de transmettre des connaissances à ses interlocuteurs ; et dans ces cas du moins il est impossible de douter qu'il en ait réellement l'intention explicite. La conscience, du reste, nous avertit que, même quand nous parlons pour atteindre un autre but, nous songeons à être compris, c'est-à-dire que nous avons également l'intention explicite de communiquer nos pensées. Au contraire, *l'animal n'a jamais cette intention.*

Nous ne sommes pas le premier à le dire, témoin cette parole de saint Thomas d'Aquin: *Etsi bruta animalia aliquid manifestent, non tamen manifestationem intendunt* (1). Le langage de l'animal est une véritable manifestation, c'est-à-dire une série de mouvements volontaires, réglés par

(1) *Summa theologica*, 2 2, q. 110, a. 1.

une connaissance, et exprimant cette connaissance de façon qu'elle puisse se communiquer ; mais ce n'est pas une manifestation intentionnelle, parce que la communication elle-même n'est pas explicitement voulue. Avant d'établir cette proposition, rendons-la bien claire par des faits analogues observés sur nous-mêmes avec le criterium irrécusable du sens intime. Je veux remuer un doigt. Il faut pour y parvenir que je dérange d'abord certains points de mon cerveau, que je fasse naître ainsi un ébranlement qui se transporte ensuite sur certains cordons nerveux, et que par là j'arrive à contracter certains muscles. Peut-on dire que ces trois phénomènes successifs ne sont pas volontaires? Non ; car, s'ils ne l'étaient pas, le mouvement de mon doigt ne le serait pas non plus, puisqu'il en est la conséquence nécessaire. Mais ces trois phénomènes sont-ils explicitement voulus? Non, car je devrais pour cela déterminer dans ma pensée les cellules du cerveau, ainsi que les fibres nerveuses et musculaires qu'il faut ébranler. Or, non seulement je n'y songe pas en remuant mon doigt, mais je suis dans l'impossibilité d'y songer, parce que mes muscles, mes nerfs et mon cerveau, me sont, hélas ! à peu près inconnus. La seule chose réellement intentionnelle, c'est-à-dire explicitement voulue, c'est le mouvement que j'ai en vue. Tel est, disons-nous, le cas du langage des bêtes. En le produisant, elles ont un autre but pour lequel il faut qu'elles expriment et communiquent certaines connaissances ; mais elles le font comme nous gouvernons nos muscles et nos nerfs, sans le savoir et, par suite, sans le vouloir explicitement. C'est ce que l'observation de leurs mœurs nous permet d'affirmer.

Toujours, en effet, quand elles transmettent des signes quelconques, par la voix, par le geste, on aperçoit au delà de cette transmission quelque autre chose qu'elles ont immédiatement en vue. La poule, par exemple, en poussant des cris, en battant des ailes, avertit ses poussins d'un danger; mais c'est pour les rassembler auprès d'elle. Le chien et le

chat, en présence d'un ennemi, prennent des attitudes belliqueuses, ils émettent en grondant de véritables menaces, mais c'est pour faire reculer cet ennemi. Jamais nous ne voyons les animaux causer platoniquement entre eux. Et pourtant ils devraient bien souvent être tentés de le faire, s'ils étaient capables d'y songer. Le besoin social qu'ils ont les uns des autres, et qu'ils éprouvent souvent, devrait parfois amener entre eux quelques explications. La plupart élèvent leurs petits avec grand soin ; pourquoi ne leur raconteraient-ils pas ce qu'ils ont vu, puisqu'ils s'en souviennent ? Bien plus, tous les animaux, surtout quand ils sont jeunes, éprouvent comme nous le besoin instinctif d'exercer leurs facultés, de faire des mouvements, d'émettre des sons ; ils ont aussi un certain besoin d'apprendre. En faudrait-il davantage pour les amener à de véritables conversations, s'ils avaient l'idée de cet échange de vues qui constitue la conversation ? Pourtant leur curiosité instinctive ne détermine aucun échange ; et le seul résultat que produise l'exubérance de la vie, c'est de les faire jouer entre eux.

Mais, dira-t-on, ces jeux ne sont-ils pas une sorte de conversation ? Ne peut-on pas, comme M. de Quatrefages (1), dire des jeunes chiens et des jeunes chats qu'ils *jouent la comédie* quand ils luttent en grondant et en se mordant sans se blesser, quand ils simulent des passions opposées à celles qu'ils ressentent, tout en restant maîtres de leurs mouvements ? Or, peut-on jouer la comédie sans songer à l'expression et à l'effet qu'elle produit sur les autres ?

C'est là sans doute une interprétation qui ne serait pas sans vraisemblance, si les animaux ne jouaient jamais qu'entre eux ou avec l'homme. Mais qui ne sait qu'au besoin ils jouent tout seuls ? Un jeune chat, seul dans un jardin, s'embusque derrière les arbres, ou se dissimule dans l'herbe, pour s'élancer sur les feuilles mortes que le

(1) *L'espèce humaine*, p. 15.

vent soulève. Joue-t-il alors la comédie, songe-t-il à exprimer et à communiquer une pensée quelconque? Évidemment non ; il éprouve simplement le besoin d'exercer ses facultés de chasseur, et c'est uniquement pour satisfaire ce besoin instinctif que, sans songer à âme qui vive, il se livre à ces chasses imaginaires. Puisque cette interprétation, seule admissible dans ce cas, est également applicable et suffisante quand il jouera de compagnie, on n'aura pas alors le droit d'en supposer une autre.

Quant aux ruses des animaux, lorsqu'elles ne sont pas purement instinctives et involontaires, si elles ont pour effet de tromper, elles ont toujours en même temps, comme le reste de leur langage, un autre but immédiatement et explicitement voulu, distinct de l'envie d'induire en erreur, comme par exemple de saisir une proie ou d'échapper à un danger. Dès lors, on n'a aucune raison de les supposer plus intentionnelles que le reste, et rien n'autorise à les regarder comme des mensonges.

Il y a donc une différence essentielle entre le langage humain et le langage des animaux. Dans le premier seul, l'expression et la communication de la pensée sont connues du sujet et explicitement voulues par lui ; dans le second, elles sont un intermédiaire, inconnu de l'animal qui les produit, comme le sont pour nous les phénomènes cérébraux, nerveux et musculaires du mouvement volontaire. L'homme lui-même sans doute emploie quelquefois ce second langage ; plusieurs de nos exclamations et de nos gestes en font probablement partie ; mais l'homme est seul ici-bas à employer le premier. Seul il parle avec la volonté explicite d'exprimer ses pensées et de les communiquer à d'autres.

Pour conclure de ce fait qu'il y a, entre l'homme et l'animal, une différence essentielle tracée par la nature, il est bon de montrer que le premier langage est aussi naturel à l'homme que le second l'est aux animaux. Il semble à première vue que les faits prouvent le contraire. Aucun ani-

mal n'a besoin d'apprendre le système de signes qui forme ce qu'on pourrait appeler sa langue, ce système est généralement tout déterminé par son organisme, et par suite il faut dire que toutes les langues animales sont des langues naturelles. Au contraire, toutes les langues humaines sont artificielles. Aussi nul ne les parle sans les avoir apprises ; et bien que toutes les races, même les plus dégradées, sachent parler une langue, il y a des individus jouissant de leurs facultés intellectuelles, comme les sourds de naissance, qui, faute de pouvoir en apprendre, restent muets toute leur vie. Mais il ne faut pas confondre les langues avec le langage. Si les langues humaines sont artificielles, le langage humain, c'est-à-dire le pouvoir de communiquer sciemment des connaissances, est naturel, et tous les hommes le possèdent sans l'avoir étudié, s'ils jouissent de leurs facultés intellectuelles. Les sourds-muets savent se faire comprendre indépendamment des systèmes conventionnels qu'on a imaginés pour enrichir leur langue. Ces signes artificiels eux-mêmes, ils ne les apprennent qu'au moyen d'un premier langage que nul ne leur enseigne. Ce premier langage est toujours à la disposition de chacun de nous. Supposez dans une île déserte deux naufragés dont les langues maternelles n'ont aucune ressemblance. Dès la première entrevue, en s'exprimant par gestes, ils sauront se comprendre ; et grâce à ce langage naturel ils parviendront bientôt à se constituer une langue conventionnelle plus riche. Si les animaux n'enrichissent pas leur dictionnaire par le même procédé, c'est que de pareilles conventions sont impossibles entre des êtres qui parlent sans le savoir.

C'est également du langage naturel des gestes que se servent les parents pour enseigner aux enfants une première langue artificielle. Bien plus, ce langage des gestes nous paraît fournir de la première formation du langage phonétique une explication qui a l'avantage d'être parfaitement d'accord avec les faits constatés par la linguistique, mais qui diffère beaucoup des rêveries de certains philoso-

phes. Ceux-ci en recherchant *à priori* comment avaient pu se faire les conventions qui ont produit la première langue parlée, supposaient que le créateur d'un mot, en désignant du doigt un objet quelconque, émettait le son destiné par lui à le représenter. Si l'appellation ainsi proposée était admise, le mot entrait dans la langue ; et après quelques centaines de conventions semblables, on possédait un stock suffisant pour enrichir la langue par dérivation, à mesure que le besoin s'en faisait sentir. La linguistique a fait justice de ces imaginations. Il est évident, en effet, que par un pareil procédé tous les mots racines devraient être des substantifs, et que les noms des objets sonores, surtout des animaux dont le cri est caractéristique, devraient pour la plupart être formés par onomatopée. Or on sait aujourd'hui que les racines des langues ne sont pas généralement des racines nominales, et que les onomatopées proprement dites y sont extrêmement rares. Qu'en imaginant jadis un pareil système on ait ignoré les faits établis aujourd'hui par la linguistique, il faut le pardonner puisque la linguistique n'existait pas alors. Mais on pouvait du moins tenir compte d'un fait que la conscience révèle, à savoir que l'homme, avant d'inventer une langue artificielle, possède un langage naturel, le langage des gestes. Or nos gestes se rangent en deux classes bien distinctes : la première, fort pauvre et fort uniforme, comprend les gestes *démonstratifs ;* la seconde, énormément plus riche et plus variée, comprend les gestes *mimiques*. On se fait aisément une idée de l'importance de cette seconde classe, en se demandant ce que deviendrait une pantomime dont les acteurs ne pourraient employer que la première. Aussi en recourant uniquement, comme on le faisait, aux gestes démonstratifs,on privait en réalité de presque toutes leurs ressources les inventeurs de la langue phonétique. Pourquoi ne pas supposer plutôt que cette langue s'était, pour ainsi dire, créée d'elle-même en servant d'accompagnement naturel au langage des gestes,

en le traduisant ainsi à peu près mot à mot ? Aujourd'hui le langage des gestes accompagne tout naturellement la voix; à l'origine sans doute c'était la voix qui accompagnait le geste. La linguistique semble bien donner raison à cette hypothèse ; car elle retrouve précisément dans les langues deux espèces de racines : d'abord quelques racines pronominales qui, peu variées et capables de désigner successivement les objets les plus divers, correspondent parfaitement aux gestes démonstratifs ; ensuite de nombreuses racines verbales qui, exprimant ordinairement des mouvements matériels, peuvent être regardées comme la traduction des gestes mimiques. Ainsi la langue parlée serait au langage des gestes ce que notre langue écrite est à la langue parlée. Notre écriture ne représente pas immédiatement la pensée, mais les sons ; de même, d'après ce qui précède, les sons auraient uniquement représenté les gestes, qu'ils accompagnèrent d'abord, qu'ils remplacèrent ensuite. On conçoit aisément, dans cette explication, que les racines aient pu être au début beaucoup plus multipliées et plus changeantes qu'elles ne l'ont été plus tard. Ainsi s'expliquerait peut-être l'impuissance des efforts tentés jusqu'ici par quelques linguistes pour rattacher toutes les langues à une origine commune.

Arrêtons là ces remarques pour ne pas leur donner la longueur d'une véritable digression. Qu'il nous suffise d'avoir montré que le langage humain, malgré ce qu'il présente de conventionnel à la surface, est au fond aussi naturel que celui des animaux ; et concluons que l'abîme signalé plus haut entre l'homme et la bête a réellement été creusé par la nature.

Remontons maintenant du langage aux facultés dont il dépend, et nous serons pleinement autorisés à dire que les animaux n'ont aucune notion des phénomènes intellectuels sans en excepter ceux qu'ils produisent eux-mêmes. En effet, s'ils pouvaient, comme nous, savoir qu'ils connaissent, ils verraient inévitablement dans la connaissance, ce

qui s'y trouve en réalité, un bien précieux, un bien qui, loin de se perdre en se communiquant, augmente par l'échange que provoque la communication ; et puisqu'ils ont de fait tout ce qui est nécessaire et suffisant pour un véritable langage, ils éprouveraient comme nous le besoin d'interroger et de répondre, ils auraient comme nous la volonté explicite de communiquer et d'échanger leurs connaissances. Or nous avons vu que cette volonté explicite leur manque toujours. C'est qu'il n'appartient qu'à l'homme, comme le dit saint Thomas, de voir un bien dans la connaissance (1) ; c'est que les animaux ignorent l'existence des phénomènes intellectuels, et ne connaissent jamais qu'à leur insu. Leur faculté de connaître est bornée aux phénomènes matériels qui affectent leurs sens ; et comme ses propres actes ne sont pas compris dans ce domaine restreint, elle est condamnée à les ignorer et, par suite, à s'ignorer elle-même.

Perfectibilité. Nous allons comparer l'homme et l'animal au point de vue de la perfectibilité ; mais nous n'essayerons pas de porter cette comparaison jusque dans l'ordre moral ou dans l'ordre purement intellectuel. On verra clairement, par la suite de ce chapitre, que ce sont là des terrains interdits à l'animal. Le seul terrain commun où nous puissions rencontrer l'un et l'autre est celui du monde matériel ; et nous avons à voir uniquement comment chacun d'eux parvient à réaliser des progrès dans ses rapports avec ce monde restreint. Cette comparaison établira par de nouveaux faits la conclusion que nous avons déjà tirée de la différence des langages, à savoir que l'homme est le seul à connaître l'existence des phénomènes intellectuels.

Pour se mettre en rapport avec le monde matériel, l'homme et l'animal appliquent à leur organisme des forces

(1) « Apprehendere ipsam cognitionem tanquam bonum quoddam, proprium est hominis. » *Summa theologica*, 1. 2, q. 31, a. 6.

volontaires, non déterminées par les circonstances antérieures, mais déterminées par eux-mêmes d'après la connaissance qu'ils ont de ces circonstances. De là, comme on l'a vu au chapitre précédent, les sensations et les mouvements volontaires par lesquels ils se tiennent au courant des phénomènes extérieurs et parviennent dans une certaine mesure à les diriger. Leurs rapports avec le monde sont donc réglés par des facultés de deux ordres bien distincts. Les premières, que nous appellerons facultés organiques, sont de l'ordre matériel. Elles résultent du système plus ou moins parfait des organes, de la facilité plus ou moins grande avec laquelle ce système reçoit et transmet l'influence des forces volontaires et celle des forces extérieures. Les secondes sont de l'ordre intellectuel, et se manifestent surtout par la connaissance plus ou moins parfaite des phénomènes. Ce sont elles qui dirigent les premières, et pour cette raison nous les appellerons facultés directrices. Le progrès peut se produire dans ces deux ordres de facultés; et même, si l'on observe les individus depuis la naissance jusqu'à l'âge adulte, on peut dire que ce double progrès se produit toujours, sauf peut-être chez les animaux inférieurs. C'est que la nature y a pourvu, quand elle a mis dans l'animal et dans l'homme lui-même, surtout au début de la vie, le besoin instinctif d'exercer ses facultés, et que ce besoin s'accroît encore en devenant volontaire, grâce aux attractions et aux répulsions que le plaisir et la peine renouvellent sans cesse dans les êtres vivants. Or l'exercice, en amenant l'habitude, perfectionne aussi bien les facultés organiques que les facultés directrices.

Il serait bien difficile de dire qui, de l'homme ou des animaux supérieurs, l'emporte pour la perfectibilité des facultés organiques ; mais nous n'avons point à porter la comparaison sur ce terrain. Quant aux facultés directrices, dont le progrès se manifeste par une connaissance progressive du monde matériel, la comparaison est facile. La per-

fectibilité de l'homme est immense, illimitée ; celle de l'animal est à peu près nulle.

Le besoin instinctif dont nous parlions tout à l'heure s'appelle ici la curiosité naturelle. Chez l'homme elle devient rapidement volontaire, elle n'est jamais rassasiée, elle se dévoloppe même à mesure qu'elle se satisfait. Chez l'animal on peut dire qu'elle reste toujours à l'état instinctif et rudimentaire. Elle parait bien n'avoir en lui d'autre destination que de permettre le développement des facultés organiques ; elle est toujours satisfaite en même temps que celles-ci. Aussi, non seulement les animaux n'acquièrent jamais le moindre élément de nos sciences physiques, mais ils se montrent absolument incapables des arts les plus élémentaires. On trouve bien chez eux des merveilles de construction, des merveilles de prévoyance ; mais l'expérience montre que leur connaissance n'y entre pour rien, que tout cela est en eux purement instinctif, disposé à leur insu par une pensée qui ne leur appartient pas. Quel animal a trouvé le moyen de vaincre les obstacles climatériques qui le confinent dans un habitat déterminé ? Quel animal s'est jamais fabriqué un instrument ou une arme pour suppléer à l'insuffisance ou à la perte de ses organes naturels ? Au contraire, l'homme a toujours et partout profité de ses connaissances et cherché à les développer. Il a de bonne heure trouvé les moyens de se répandre par toute la terre, il s'est fabriqué des instruments et des armes pour multiplier sa puissance, il a appris à vaincre les éléments et les animaux mieux armés que lui par la nature. Il est souvent parvenu à se faire obéir des uns et des autres. Et non content d'observer le monde matériel pour arriver à s'en servir, il l'a encore observé pour le seul plaisir de le connaître. L'histoire des sciences et des arts est une histoire exclusivement humaine, et elle est inséparable de l'histoire de l'humanité.

L'influence de l'éducation et de l'hérédité sur le progrès est, dans la comparaison qui nous occupe, tout à fait carac-

téristique. Les facultés organiques arrivent assez rapidement dans chaque individu à un degré de perfection qu'elles ne dépassent plus dans la suite ; mais ce degré n'est pas exactement le même pour les divers individus d'une même espèce. Or les particularités qui les distinguent entre eux sont souvent transmissibles à leur postérité, et peuvent même s'accentuer en se transmettant si elles se trouvent dans les deux parents. De là un moyen, bien connu des éleveurs, pour accumuler ces particularités, les fixer et créer de nouvelles races. Après quelques générations, on obtient ainsi des individus dont certaines facultés organiques peuvent atteindre un degré de perfection inconnu à leurs ancêtres. Dirigée avec intelligence, l'hérédité est donc un moyen lent, mais sûr, de progrès; seulement elle ne perfectionne pas, à proprement parler, les individus, mais la race. L'éducation, au contraire, autre agent de progrès, cherche uniquement à développer la puissance de l'individu, en faisant concourir au développement de ses facultés l'expérience et les connaissances acquises par d'autres. Elle perfectionne surtout les facultés directrices, tandis que l'hérédité ne perfectionne guère que les facultés organiques. Il est vrai que certaines dispositions qu'on pourrait ranger dans la première catégorie, comme le caractère, les aptitudes, les passions, sont transmissibles aux descendants; mais il semble incontestable que ces dispositions tiennent uniquement aux facilités ou aux obstacles que l'organisme présente aux facultés directrices. La culture intellectuelle et les connaissances acquises ne se transmettent pas par l'hérédité ; c'est l'éducation seule qui les fait passer d'un individu à un autre.

Si maintenant nous comparons l'homme et l'animal en face de ces deux agents de progrès, que trouvons-nous ? Dans l'espèce humaine, l'hérédité a sans doute un grand pouvoir. Elle détermine les aptitudes physiques et même, avec la restriction que nous venons d'indiquer, certaines aptitudes morales et intellectuelles ; pourtant, quelque

grand que soit ce pouvoir, il est toujours limité, surtout sur ce dernier terrain. L'éducation, au contraire, a pour la culture intellectuelle et l'acquisition des connaissances, pour ce qui constitue principalement les facultés directrices, un pouvoir à peu près illimité. Elle peut même souvent neutraliser et renverser complètement les dispositions naturelles dues à l'hérédité. Chez les animaux, l'éducation ne peut presque rien, c'est l'hérédité qui détermine à peu près tout. Nous voici donc de nouveau amenés à reconnaître que la perfectibilité organique, sur laquelle opère l'hérédité, est à peu près la même dans l'homme et dans l'animal ; tandis que la perfectibilité intellectuelle, à laquelle s'adresse l'éducation, immense dans le premier, est tout à fait insignifiante dans le second.

Ici se présente une seconde fois le raisonnement que nous avons fait en parlant du langage. Si les animaux avaient, comme nous, la notion des phénomènes intellectuels, s'ils pouvaient, comme nous, savoir qu'ils connaissent, qu'ils exercent ces facultés que nous avons appelées directrices, le désir de les exercer ne resterait pas chez eux à l'état de besoin rudimentaire et instinctif. Ils estimeraient la connaissance comme un bien digne d'être recherché. Leur curiosité deviendrait volontaire, et se développerait nécessairement. Dès lors, ils cesseraient d'être la proie fatale de l'hérédité, ils seraient largement ouverts aux influences de l'éducation. De ce que leur perfectibilité, si réelle et si apparente dans les facultés organiques, disparaît et s'évanouit dans les facultés directrices, il faut donc conclure, comme précédemment, que les phénomènes intellectuels sont complètement soustraits à leur connaissance.

Morale et religion. Nous réunissons les deux dernières bases de comparaison, la morale et la religion, à cause de leurs nombreux contacts, ou plutôt de leur intime liaison.

Cette réunion nous épargnera des redites et n'amènera aucune confusion.

Il convient ici surtout de mettre d'abord les faits en pleine lumière et hors de toute contestation ; nous les interpréterons ensuite, pour en déduire la conclusion annoncée plus haut, à savoir que l'animal n'a aucune connaissance des substances proprement dites.

Pour les faits, nous emprunterons surtout le témoignage d'un savant qui a consacré toute sa vie à les observer, à les réunir, à les discuter, et dont la parole fait depuis longtemps autorité. M. de Quatrefages les résume ainsi dans son dernier ouvrage :

« On constate chez l'homme trois phénomènes fondamentaux, auxquels se rattachent une multitude de phénomènes secondaires, et dont rien jusqu'ici n'a pu nous donner une idée, pas plus chez les êtres vivants que dans les corps bruts. 1° L'homme a la *notion du bien et du mal moral*, indépendamment de tout bien-être ou de toute souffrance physiques ; 2° l'homme *croit à des êtres supérieurs* pouvant influer sur sa destinée ; 3° l'homme *croit à la prolongation de son existence après cette vie* (1). »

Pour désigner le premier fait, M. de Quatrefages emploie le mot de *moralité*, le second et le troisième sont compris par lui sous le nom de *religiosité*. Il y a déjà vingt ans qu'en proposant ces deux dénominations, il en donnait la justification suivante :

« Dans toute société où il existe un langage assez parfait pour exprimer les idées générales et abstraites, nous trouvons des mots destinés à rendre les idées de vertu et de vice, d'homme de bien et de scélérat. — Là où la langue fait défaut, nous rencontrons des croyances, des usages prouvant clairement que, pour ne pas être rendues par le vocabulaire, ces idées n'en existent pas moins. — Chez les nations les plus sauvages, jusque dans les peuplades que d'un commun accord on place aux derniers rangs de l'hu-

(1) *L'Espèce humaine*, p. 16.

manité, des actes publics ou privés nous forcent à reconnaître que partout l'homme a su voir à côté et au-dessus du bien et du mal physiques quelque chose de plus élevé ; chez les nations les plus avancées des institutions entières reposent sur ce fondement.

» La notion abstraite du bien et du mal moral se retrouve ainsi dans tous les groupes d'hommes. Rien ne peut faire supposer qu'elle existe chez les animaux. — Elle constitue donc un premier caractère du règne humain. — Pour éviter le mot de *conscience*, pris souvent dans un sens trop précis et trop restreint, j'appellerai *moralité* la faculté qui donne à l'homme cette notion, comme on a nommé *sensibilité* la propriété de percevoir des sensations.

» Il est d'autres notions, se rattachant généralement les unes aux autres, et que l'on retrouve dans les sociétés humaines même les plus restreintes et les plus dégradées. — Partout on croit à un monde autre que celui qui nous entoure, à certains êtres mystérieux d'une nature supérieure qu'on doit redouter ou vénérer, à une existence future qui attend une partie de notre être après la destruction du corps. En d'autres termes, la notion de la Divinité et celle d'une autre vie sont tout aussi généralement répandues que celle du bien et du mal. Quelque vagues qu'elles soient parfois, elles n'en enfantent pas moins partout un certain nombre de faits significatifs. C'est à elles que se rattachent une foule de coutumes, de pratiques signalées par les voyageurs, et qui, chez les tribus les plus barbares, sont les équivalents des grandes manifestations de même nature dues aux peuples civilisés.

» Jamais chez un animal quelconque on n'a rien constaté ni de semblable, ni même d'analogue. — Nous trouverons donc dans l'existence de ces notions générales un second caractère du règne humain, et nous désignerons par le mot de *religiosité* la faculté ou l'ensemble de facultés auxquelles il les doit (1). »

(1) *Unité de l'espèce humaine*, pp. 22 et 23.

M. de Quatrefages ne prétend pas d'ailleurs que les trois faits fondamentaux qui caractérisent l'espèce humaine doivent se retrouver toujours dans tous les individus; mais il soutient qu'on les rencontre dans tous les groupes ayant une existence sociale distincte et pouvant mériter le titre de races. Ainsi en parlant de la religiosité, il disait en 1868 dans ses leçons du Muséum : « Pour ma part, je déclare que je ne connais plus une seule peuplade qu'on puisse, avec quelque apparence de raison, appeler athée. Sans doute on trouve des individus et des écoles qui déclarent ne pas admettre pour leur compte d'idées religieuses. J'accepte comme absolument exacte l'assurance qu'ils donnent de leur athéisme, en me bornant à faire remarquer que ces individus ou ces écoles appartiennent presque exclusivement aux nations civilisées, c'est-à-dire à celles qui ont donné les preuves les plus anciennes et les plus éclatantes de leur religiosité. » Comme naturaliste, et pour l'établissement du *règne humain*, il n'avait pas à pousser plus loin. Nous qui nous plaçons à un autre point de vue, nous serons tenus, on le verra bientôt, à moins de réserve.

Même dans ces limites, les faits sont-ils universellement reconnus ?

L'impossibilité évidente de supposer une société humaine sans aucune notion du bien et du mal, a mis la moralité dans les groupes humains au-dessus de toute contestation sérieuse. Mais on a plusieurs fois affirmé qu'il existait des peuplades sans religion. L'examen des faits et la discussion loyale ont fini par avoir définitivement raison de ces allégations. Les plus illustres voyageurs ont opposé des observations et des témoignages décisifs. C'est ainsi que Livingstone déclarait : « Quelque dégradées que soient ces populations, il n'est pas besoin de les entretenir de l'existence de Dieu, ni de leur parler de la vie future ; ces deux vérités sont universellement reconnues en Afrique (1). » Et

(1) Cité par M. de Quatrefages dans l'ouvrage précédent et dans son *Rapport sur les progrès de l'Anthropologie.*

M. de Quatrefages a pu écrire dans son dernier ouvrage : « Obligé, par mon enseignement même, de passer en revue toutes les races humaines, j'ai cherché l'athéisme chez les plus inférieures comme chez les plus élevées. Je ne l'ai rencontré nulle part, si ce n'est à l'état individuel ou à celui d'écoles plus ou moins restreintes, comme on l'a vu en Europe au siècle dernier, comme on l'y voit encore aujourd'hui. Est-il vrai que des faits analogues se soient produits ailleurs, et que quelques tribus américaines, quelques populations polynésiennes ou mélanésiennes, quelques hordes de Bédouins aient totalement perdu les notions de la Divinité et d'une autre vie ? La chose est certainement possible. Mais à côté d'elles vivaient d'autres tribus, d'autres populations, d'autres hordes, *exactement de même race*, et où s'était conservée la foi religieuse. C'est ce qui résulte des exemples mêmes cités par Lubbock. Là est le grand fait. L'athéisme n'est nulle part qu'à l'*état erratique*. Partout et toujours, la masse des populations lui a échappé ; nulle part, ni une des grandes races humaines, ni même une division quelque peu importante de ces races n'est athée. Tel est le résultat d'une enquête qu'il m'est permis d'appeler consciencieuse, et qui avait commencé bien avant mon entrée dans la chaire d'anthropologie. Il est vrai que dans ces recherches j'ai procédé, j'ai conclu, non pas en penseur, en croyant ou en philosophe, tous plus ou moins préoccupés d'un idéal qu'ils acceptent ou qu'ils combattent ; mais exclusivement *en naturaliste* qui, avant tout, cherche et constate *des faits* (1). »

On a élevé une autre objection. Les faits de moralité et de religiosité ne sont pas, a-t-on dit, exclusivement humains ; on en trouve quelques traces chez les animaux. Et l'on citait comme se rattachant à la moralité des traits de courage et de dévouement, voire même de probité, dont l'explication naturelle et complète est fournie par les pas-

(1) *L'Espèce humaine*, pp. 355 et 356.

sions telles que l'amour et la haine ou même simplement par l'instinct, mais dans lesquels rien ne démontre l'influence de la notion morale du bien et du mal. Parce que, dans des actions humaines toutes semblables, la conscience révèle parfois l'influence de la moralité, il ne s'ensuit pas que cette influence y soit toujours indispensable. D'autres causes peuvent la remplacer ; et par suite ces actions n'autorisent pas à conclure comme on voudrait le faire dans le cas de l'animal. Il faudrait montrer qu'il n'y a pas d'autre explication admissible, et c'est ce qu'on ne fait pas. « On peut affirmer sûrement, dit M. Mivart, qu'il n'y a chez les brutes aucune trace d'actions simulant la moralité qui ne soient explicables par la crainte du châtiment, l'espérance du plaisir, ou quelques affections personnelles (1). » Quant à la religiosité, on n'a jamais essayé d'attribuer aux animaux aucune espèce de croyance à une autre vie ; mais on a voulu voir dans leurs rapports avec l'homme quelque chose qui ressemble aux rapports de l'homme avec le monde invisible. Le défaut de ce rapprochement, et il est irrémédiable, c'est précisément que l'homme n'est pas invisible pour les animaux. Darwin, il est vrai, a raconté l'histoire d'un chien aboyant après un parasol ouvert que le vent remuait ; mais quand un observateur aussi perspicace, un écrivain aussi habile, en est réduit à invoquer de pareils faits, n'est-ce pas la meilleure preuve qu'il n'y a pas de faits sérieux à alléguer ? Il est triste, sans doute, quand on regarde l'athéisme comme un progrès, de se voir devancer dans cette direction par les animaux ; il faut pourtant en prendre son parti, l'évidence des faits est impitoyable.

Nos prémisses sont suffisamment établies par ce qui précède : cependant, avant d'argumenter et de conclure, nous voudrions préciser le sens de l'une d'entre elles. Les deux propositions résumées par le mot de religiosité sont parfaitement claires ; mais que signifie au juste la formule de

(1) *Genesis of species*, p. 221 ; cité par M. Hamard.

la moralité? Que dit ma conscience quand elle me parle « de bien ou de mal moral, indépendamment de tout bien-être et de toute souffrance physiques? » Elle ne me parle certainement pas alors des effets matériels et nécessaires de l'action que je pose. Elle ne me parle pas non plus des conséquences agréables ou fâcheuses qui en découleront probablement pour moi, grâce à d'autres agents volontaires à qui mon action pourra plaire ou déplaire. Ces choses-là ne dépassent pas la portée des animaux. Non, ce n'est pas des effets et des conséquences qu'elle me parle, mais de la cause efficiente de mes actions, c'est-à-dire de moi-même; et c'est précisément pour cela qu'on l'appelle *conscience*. Elle me parle de ma *responsabilité*; c'est-à-dire, puisqu'il s'agit toujours alors d'une action qui n'est pas nécessitée mais volontaire, elle me parle de *rendre compte* de ma détermination, et elle élève ainsi l'action volontaire au rang d'action réellement libre. Par elle, je ne suis pas seulement l'auteur de mon action, mais je sais que je le suis, et je sais de plus qu'on peut m'en demander compte et que je dois le rendre. C'est bien là ce que nous dit la conscience quand elle parle de bien ou de mal moral, et il suffit de nous interroger pour le reconnaître. Mais à qui rendre compte, devant qui suis-je responsable? Est-ce devant d'autres hommes, devant la société? Non, ce n'est pas d'eux seulement ni directement qu'elle nous parle; car elle ne nous donne pas leur opinion pour règle absolue de nos mœurs; parfois même elle nous fait porter sur nos actions un jugement contraire à celui que nous pouvons attendre des autres hommes et de la société. Elle nous parle d'un pouvoir supérieur et invisible, dont la loi s'impose à nos déterminations libres. C'est devant ce pouvoir qu'elle nous déclare responsables. Nous savons parfaitement que l'ignorance, les préjugés, les passions obscurcissent souvent la lumière de la conscience. Mais, dans les termes généraux auxquels nous venons de réduire le fait de la moralité, nous croyons que ce fait se produit dans tous les hommes qui

jouissent de leurs facultés intellectuelles. Inutile de montrer le lien évident qui le relie à la religiosité. L'idée seule de sanction, qui accompagne nécessairement celle de loi, amène l'homme à regarder l'auteur de la loi morale comme capable d'influer sur sa destinée, et à admettre une vie future.

La voie nous est maintenant assez clairement tracée. Nous ne faisons pas ici un traité de philosophie ; nous ne cherchons ni à établir la réalité de la vie future, ni à démontrer l'existence de Dieu ; nous n'étudions pas la nature intime de la moralité ; mais, partant des faits scientifiquement observés, c'est-à-dire de certaines convictions caractéristiques constatées dans toute l'espèce humaine, nous voulons montrer comment elles dépendent et procèdent de notre faculté de connaître. C'est le moyen de voir en quoi notre faculté diffère essentiellement de celle de l'animal, chez qui les mêmes convictions font entièrement défaut.

Il est évident d'abord que chacune d'elles exige la connaissance de l'existence substantielle. Car c'est à la cause substantielle comme telle, à l'agent proprement dit, que la première attribue la responsabilité de ses actions, et que la troisième attribue l'existence personnelle après la mort. Ces choses évidemment ne peuvent pas s'attribuer à des phénomènes, mais uniquement à des agents, à des substances. Quant à la seconde, en faisant reconnaître un pouvoir supérieur, capable d'influer sur la destinée de l'homme, distinct des phénomènes qui passent, distinct du monde visible, elle en fait également un agent auquel elle attribue cette existence permanente qui caractérise la substance. C'est donc grâce à la faculté, dont nous sommes doués, de connaître cette existence substantielle qu'il nous est possible d'avoir ces convictions. Sans cette faculté maîtresse, nous ne pourrions avoir ni moralité ni religiosité.

Mais il y a plus ; ces convictions sont le produit naturel de la même faculté. Par elle, en effet, je sais d'abord que

sous mes actions il y a leur auteur, cette cause que j'appelle *moi*, qui ne change pas avec elles, qui seule détermine ce qu'elles ont de volontaire. Il s'ensuit immédiatement, ou plutôt cela veut dire que, à mes yeux du moins, j'en suis responsable. Que si à cette première connaissance vient se joindre celle de l'existence d'un pouvoir supérieur invisible dont dépend ma destinée, c'est devant ce pouvoir aussi que je me sentirai responsable, et mes actions seront par moi jugées bonnes ou mauvaises suivant qu'elles me sembleront devoir lui plaire ou lui déplaire. Or, qu'il existe un pareil pouvoir, c'est encore une connaissance que j'acquiers, pour ainsi dire invinciblement, en vertu de ma faculté de connaître les causes substantielles. Pour le montrer, nous n'avons pas à refaire les démonstrations connues de l'existence de la cause universelle. Il suffit de rappeler ce que nous répétions au début de ce chapitre, que, l'existence permanente de la substance une fois connue, nous y voyons l'indispensable soutien de l'existence fugitive des phénomènes; et que, par suite, nous la recherchons toujours, nous la supposons toujours, comme cause invisible, partout où celle-ci nous apparaît. Nous apprenons par là à chercher une cause substantielle à toute existence qui ne se révèle pas à nous comme nécessaire. Suivie avec rigueur et clarté, cette voie nous mènerait aussitôt à la vraie cause universelle. Tels que nous sommes, avec nos ténèbres et notre faiblesse, elle nous mène du moins à entrevoir une cause supérieure à toutes celles dont nous sentons immédiatement les effets, supérieure à nous-mêmes et dont notre existence dépend. Cette notion indécise peut souvent s'entourer de tous les nuages de l'erreur, mais elle ne peut complètement s'effacer et disparaître, et c'est elle que l'observation a constatée dans tous les groupes humains. On voit ici qu'elle est un produit naturel et presque nécessaire d'une faculté essentielle à tous les hommes. Quant à la croyance que la décomposition finale de l'organisme ne met pas un terme à notre existence, elle résulte aussi na-

turellement de l'identité personnelle que nous nous reconnaissons malgré les continuels changements de nos actions et des phénomènes qui nous entourent ; car nous sentons que ce phénomène organique qu'on appelle la mort ne peut supprimer une substance que tous les autres phénomènes laissent essentiellement inaltérée ; et, comme nous le disions tout à l'heure, cette conviction se confirme encore par l'idée de la sanction nécessairement attachée à notre responsabilité.

Ces arguments, il est vrai, ne permettent pas d'affirmer que la moralité et la religiosité sont un produit nécessaire et inévitable de la faculté de connaître les causes substantielles. Il serait donc absolument possible qu'un homme, doué de cette faculté, ne s'élevât pas jusqu'à ces conséquences immédiates des premières connaissances qu'elle lui fournit, surtout en ce qui concerne la religiosité. Mais nous pensons que c'est là un de ces possibles qui n'ont qu'une probabilité infiniment petite, et qui sont pratiquement irréalisables. L'expérience le montre bien. Chaque fois que l'athéisme est bruyant, il est certainement faux et n'est autre chose que la haine de Dieu ; quand il est silencieux et modeste, ce qui est très rare, on n'a qu'à l'interroger charitablement pour le voir se réduire soit à une religiosité réelle mais inconsciente, soit à des incertitudes, à des contradictions, à des alternatives de croyance et de doute. Telle a été de tout temps l'opinion d'observateurs impartiaux, de ceux-là surtout qui, comme médecins des consciences, ont souvent à sonder leurs plaies les plus secrètes. Il n'est pas d'ailleurs nécessaire d'être chrétien et orthodoxe pour oser l'exprimer. « Nous pouvons affirmer sans risque d'erreur, disait récemment M. Max Muller, qu'en dépit de toutes les recherches, on n'a nulle part encore trouvé d'être humain qui ne soit en possession de quelque chose qui lui sert de religion.... L'assertion qu'il y a des nations ou des tribus sans religion repose sur une observation inexacte ou sur une confusion d'idées. On n'a pas encore

trouvé de nation ou de tribu dépourvue de la croyance aux êtres supérieurs, et les voyageurs qui affirmaient qu'il en existe ont été plus tard réfutés par les faits. Il est donc légitime de dire que la religion, au sens le plus général du mot, est un phénomène universel dans l'humanité.... L'absence apparente de religion ne se manifeste que lorsque l'être humain tout entier est dégradé, c'est-à-dire seulement après une longue décadence dans laquelle l'abâtardissement religieux a produit une corruption morale qui, par réaction, a ruiné plus complètement la vie de l'âme. Donc la religion est indissolublement unie à la racine de la personnalité humaine. Elle est un fait inaliénable. Au sens le plus vrai du mot, l'homme ne cesserait d'être religieux qu'en cessant d'être homme. L'enquête historique et l'analyse s'unissent pour l'attester (1). » Il faut évidemment et même *à fortiori* en dire autant de la moralité. L'homme ne cesserait d'être un agent moral qu'en cessant d'être homme ; l'enquête historique et l'analyse s'unissent pour l'attester. C'est dire que la moralité lui appartient essentiellement, en vertu de sa nature et de ses facultés.

Une autre conséquence résulte de cette enquête historique rapprochée de notre analyse, et c'est précisément la conclusion annoncée dès le début relativement aux animaux. En effet, si les animaux avaient comme nous la faculté de connaître les causes substantielles, ils devraient aussi présenter des phénomènes extérieurs de moralité et de religiosité. De ce qu'ils n'en présentent jamais, il faut donc conclure qu'ils n'ont pas cette faculté.

Après les développements qui précèdent, cette formule n'a pas besoin d'explication ; mais elle peut susciter une objection qu'il faut prévenir. Chaque animal voit bien évidemment une différence entre lui et les autres. N'est-ce pas une distinction entre le moi et le non-moi ? Et pour distin-

(1) Cité par le *Christianisme au XIXe siècle*, journal protestant.

guer ainsi ne faut-il pas connaître les substances proprement dites ?

Non, les manifestations nombreuses et pour ainsi dire continues de ce qu'on pourrait appeler l'égoïsme animal n'exigent pas cette explication. Dans l'homme, sans doute, la distinction du moi et du non-moi se fait au moyen de l'idée de substance ; bien plus, l'amour que chacun de nous a pour lui-même, quoique n'étant pas libre, est éclairé par cette idée ; car il se porte bien réellement sur la substance, sur la personne. Mais il faut répéter ici ce que nous disions plus haut à propos de la moralité. De ce que la conscience nous révèle comme se passant en nous, nous ne pouvons pas toujours conclure à ce qui se passe dans l'animal. Pour qu'une pareille conclusion soit légitime, il faut que les phénomènes observés n'admettent pas d'autre explication. Or, dans le cas qui nous occupe, il suffit, pour tout expliquer, de supposer qu'au lieu de se porter directement sur la substance, la connaissance et l'amour instinctif de l'animal se portent uniquement sur l'ensemble de ses phénomènes matériels, sur son organisme. Il distingue son organisme de tout le reste, il l'aime forcément, et cela suffit pour rendre raison de tout ; aucun phénomène observé n'indique qu'il connaisse sa substance proprement dite, qu'il jouisse d'une véritable personnalité. Avec cet amour instinctif qui chez lui tient lieu de ce qui est chez nous le véritable amour de soi, la connaissance des phénomènes matériels peut rendre compte de toutes ses passions, de tous ses actes volontaires. Ce serait donc dépasser l'observation que de lui attribuer davantage. L'absence de moralité et de religiosité démontre de plus qu'on tomberait dans l'erreur en dépassant ici l'observation.

La conclusion générale de ce chapitre est maintenant évidente et facile à comprendre : il y a entre l'animal et l'homme une différence essentielle. L'homme possède des

facultés *sui generis* dont il n'y a pas de trace dans l'animal. Développez dans celui-ci jusqu'aux dernières limites la faculté de connaître les phénomènes matériels, son essence n'en restera pas moins inférieure à celle de l'homme. Quand il serait organisé de manière à voir clairement tous ces mouvements atomiques élémentaires qui échappent à nos sens et dont les combinaisons produisent tous les phénomènes de l'espace, il n'en continuerait pas moins à ignorer l'existence de la pensée et de la volition qni ne se composent pas de mouvements atomiques, il n'en continuerait pas moins à ignorer l'existence substantielle, il n'en serait pas moins privé de personnalité et de responsabilité, la connaissance de Dieu et de lui-même ne lui serait pas moins impossible. Il faut, pour s'élever jusque-là, des facultés qu'il n'a pas même à l'état rudimentaire, et ce sont de véritables facultés primordiales, qui ne se réduisent pas à d'autres par l'analyse, mais qui sont elles-mêmes les derniers éléments des facultés spécialement humaines. Dans le monde qui nous entoure, la suprématie de l'homme dérive de sa noblesse, et sa noblesse est incommunicable.

I. Carbonnelle S. J.

(La suite prochainement.)

LA TEMPÉRATURE DU SOLEIL

L'Académie des sciences proposait en 1876, pour le prix Bordin, la question suivante :

« Rechercher par de nouvelles expériences calorimétriques, et par la discussion des observations antérieures, quelle est la véritable température à la surface du soleil. »

Trois mémoires répondirent à l'invitation de l'illustre compagnie. Après examen, la commission du concours, composée de MM. Fizeau, Jamin, Faye et Berthelot, déclara par l'organe de son rapporteur, M. P. Desains, qu'aucun mémoire n'ayant résolu la question, il n'y avait point lieu de décerner le prix ; toutefois une récompense de deux mille francs fut accordée à M. Violle, alors professeur à la Faculté des sciences de Grenoble ; mais la question fut retirée du concours, comme il arrive d'ordinaire pour les questions qui ne peuvent être résolues.

C'est qu'en effet il n'est point de problème plus ardu. Il semblerait pourtant, quand on considère les immenses progrès de la physique cosmique, que la température du soleil dût être depuis longtemps connue. Depuis Newton, tous les savants qui se sont occupés de calorimétrie, ont

essayé de la déterminer ; tous ont cru réussir, et ils ont formulé leurs résultats avec une grande conviction.

Or, voici, dans l'ordre chronologique de la publication des travaux, les températures trouvées, en degrés centigrades.

Newton	1 669 300	
Pouillet.	. 1 461	
Zöllner	102 000	
le P. Secchi . . .	5 334 840	
Ericcson.	2 726 700	
Fizeau	. 7 500	
Waterston	9 000 000	
Spœrer	27 000	
H. Sainte-Claire Deville .	. 2 500	environ
Soret.	5 801 846	
Vicaire	. 1 398	
Violle	. 1 500	
Rossetti	20 000	

Il n'existe point dans les annales de la science moderne de contradiction plus étonnante que celle que nous révèle ce tableau ; et en lisant d'une part les noms de ces maîtres, de l'autre ces chiffres qui varient de 1400 degrés à 9 millions, on se rappelle aussitôt le *mundum tradidit disputationi eorum* (1).

On discutera longtemps encore, et il ne paraît pas que l'accord puisse se faire de si tôt. Les plus importantes lois des sciences physiques sont en jeu, et nous manquons encore de l'énoncé rigoureux qui se prête à une application étendue. C'est dans les principes mêmes que se trouve l'inconnu et l'incertain, cause de ces contradictions.

Tous les malentendus qui auraient pu surgir sur le fond de la question sont dès longtemps écartés, et le problème

(1) Eccl. 3, 11.

est ramené à son expression la plus simple et la plus précise. Sans préjuger en rien de la constitution du soleil, on cherche simplement la température d'un astre fictif, homogène, dont toutes les couches auraient même température, de masse égale à la masse réelle du soleil, d'un pouvoir émissif égal au pouvoir émissif moyen de sa surface. La question est donc posée avec précision et netteté ; la diversité des solutions en est d'autant plus accablante.

Il y a là un grand procès scientifique, dont il est très intéressant et fort instructif de suivre les débats.

Nous le ferons, en exposant d'abord les méthodes auxquelles on a recouru pour mesurer la température du soleil, en recherchant ensuite les lois physiques qu'il convient d'appliquer pour remonter de l'effet à la cause, et en interprétant enfin avec les savants les résultats de l'expérience et du calcul.

I

Newton est le père de la méthode encore employée généralement aujourd'hui. Il l'inventa en cherchant à déterminer la température maximum atteinte par la comète de 1680.

Ayant pour cela (1) à mesurer la radiation du soleil, il exposait à ses rayons un thermomètre dont le réservoir était revêtu d'une couche mince de terre. L'instrument accusait 65°,56 alors qu'à l'ombre il marquait 29°,44.

Cette expérience laissait à désirer : car l'instrument était soumis à l'influence des corps voisins, et ses indications variaient considérablement suivant les dispositions particulières de chaque observation ; mais l'idée de l'opération était heureuse et son principe exact, et, pour éliminer les causes d'erreur, il suffisait de renfermer le réservoir

(1) *Le Soleil*, par le P. Secchi, 2e édition, T. II, p. 231 et suiv.

du thermomètre dans uneenceinte à température constante et bien définie. Exposé d'une part à l'action du soleil et d'autre part à celle des parois de l'enceinte plus froide, le thermomètre reçoit de la chaleur de l'astre, s'échauffe, rayonne vers l'enceinte et prend enfin, au bout d'un quart d'heure environ, une température stationnaire. En vertu de la loi des échanges, l'équilibre s'est établi lorsque le gain de chaleur du thermomètre a égalé sa perte dans le même temps. Gain et perte, étant exprimés en fonction des excès de température du soleil et de l'enceinte, seront donc égalés, et fourniront une équation d'où l'on déduira la température même du soleil. La seule indication à relever sur l'instrument sera l'excès de la température stationnaire du thermomètre sur l'enceinte.

L'instrument dont nous venons d'esquisser les grandes lignes est un actinomètre. Son nom lui vient de Pouillet, mais il existait avant ce physicien, puisqu'il fut employé par Newton vers 1715. On n'a eu depuis qu'à le perfectionner. En 1774, de Saussure eut l'idée, pour mieux protéger le thermomètre contre l'action des corps extérieurs, de substituer à la couche de terre une boîte de liège, noircie à l'intérieur, dont le réservoir occupait le centre. Les rayons solaires pénétraient dans cette boîte par une ouverture étroite fermée par une glace.

Cet appareil, très portatif, permit au savant suisse de comparer l'intensité de la radiation solaire au sommet du Cramont et à Courmayeur. Le résultat de ses expériences fut publié en 1803 dans le *Voyage dans les Alpes*, et il fut prouvé que l'excès stationnaire de l'actinomètre croissait avec l'altitude. Cette différence est due à une absorption considérable de la radiation calorifique par l'atmosphère terrestre ; les rayons solaires perdent $\frac{21}{100}$ en la traversant verticalement jusqu'au sol de Paris. Pouillet a donné une formule simple pour calculer l'absorption correspondante à une épaisseur donnée ; cette épaisseur se calcule d'ailleurs sans peine au niveau de la mer par la formule de

Lambert, en fonction de la distance zénithale du soleil ; on doit de plus tenir compte de l'altitude.

L'excès stationnaire peut de la sorte toujours être corrigé de l'influence atmosphérique et ramené à ce qu'il serait aux limites extrêmes de notre atmosphère. Nous supposerons désormais cette correction faite, sans l'indiquer autrement.

L'actinomètre de Saussure fut perfectionné par W. Herschel; sir John Herschel le porta en 1825 au cap de Bonne-Espérance, et s'en servit pour mesurer la radiation solaire. Son thermomètre était enfermé dans une boîte métallique noircie ; c'était encore un instrument de campagne.

Le père Secchi entreprit de construire un instrument de laboratoire. En voici la description empruntée à son grand ouvrage sur le soleil (1).

Cet appareil se compose de deux cylindres concentriques formant une espèce de chaudière, dont la capacité annulaire peut être remplie d'eau ou d'huile, à une température quelconque ; on peut même y faire passer un courant de vapeur, ou de gaz, en la faisant communiquer avec un petit générateur, ou tout simplement avec la cheminée d'une lampe. Un thermomètre passe par une tubulure à travers l'espace annulaire, et pénètre jusqu'à l'axe du cylindre ; il reçoit les rayons solaires qui se sont introduits par un diaphragme dont l'ouverture est à peine plus grande que le diamètre de la boule du thermomètre. Un verre épais ferme la partie postérieure de l'appareil, et permet de s'assurer par l'ombre portée sur un écran de la bonne position du thermomètre. Le cylindre intérieur et le thermomètre sont recouverts de noir de fumée mat. Un second thermomètre donne la température de l'enveloppe annulaire, et par suite celle de l'enceinte. Enfin l'actinomètre est monté sur un support ayant un mouvement parallactique, afin de suivre le mouvement diurne de l'astre.

(1) *Le Soleil*, t. II, page 233.

L'instrument du père Secchi constituait un grand progrès sur les précédents ; il fut adopté par MM. Waterston et Soret, et pendant quelque temps par Ericcson, qui, pour avoir un instrument absolument identique, s'adressa au constructeur même du père Secchi. Mais ce physicien crut reconnaître à l'usage que la température de l'enceinte n'était ni absolument uniforme, ni même tout à fait constante, et il substitua un courant d'eau au liquide immobile dans l'espace annulaire. Il constata de plus la nécessité de s'opposer à tout mouvement de l'air dans l'actinomètre, par une fermeture plus hermétique, attendu qu'un courant intense tendait à se produire dans cette sorte de cheminée, dont le soleil échauffait la partie supérieure. Ces modifications très rationnelles de l'appareil du père Secchi le mettaient désormais à l'abri de toute critique.

M. Violle en modifia cependant encore la disposition. Il préféra la forme sphérique à la forme cylindrique, et amplifia considérablement les dimensions de l'enceinte pour éviter les perturbations que subissent les lois du rayonnement dans les enceintes cylindriques étroites. Voici la description que donne de son appareil le savant professeur dans le mémoire qu'il présenta à l'Institut (1).

« Mon actinomètre se compose de deux enveloppes sphériques concentriques en laiton. L'enveloppe intérieure de 15 centimètres de diamètre, constitue l'enceinte au centre de laquelle se trouve le thermomètre soumis à l'expérience. La boule de ce thermomètre est recouverte de noir de fumée ; l'enceinte est également noircie intérieurement, et elle est maintenue à une température constante par de la glace ou du névé entassé entre les deux enveloppes, ou par un courant d'eau continu fourni par les conduites de la ville et circulant entre les deux boules. La boule exté-

(1) Mémoire sur la température moyenne de la surface du soleil, par J. Violle, *Annales de Chimie et de Physique*, 5. T. x, page 289, année 1877.

rieure a 23 centimètres de diamètre ; elle a été soigneusement polie sur sa surface externe, et elle est en outre protégée par des écrans qui laissent libre seulement l'ouverture d'admission. Cette ouverture est à une des extrémités d'un tube de laiton de 17,5 millimètres de diamètre ; l'extrémité libre de ce tube porte un diaphragme mobile percé de trous circulaires de diverses grandeurs. Trois autres tubes traversent encore, suivant des rayons, l'espace compris entre les deux sphères : deux d'entre eux servent, l'un ou l'autre, à laisser passer la tige du thermomètre ; le troisième, fermé par une glace dépolie et légèrement noircie, est dirigé suivant le prolongement du tube d'admission et permet de constater que les rayons solaires tombent bien exactement sur la boule du thermomètre : il laisse voir en effet l'ombre du thermomètre, directement ou sur un petit miroir articulé à l'un des pieds du support. L'orientation convenable de l'appareil s'obtient sans peine, grâce à sa forme sphérique qui permet de le faire tourner graduellement dans un anneau circulaire servant de support. »

Cet instrument répond au même type que les précédents. M. Violle n'y a introduit que des modifications de détail, sans s'écarter beaucoup du modèle adopté jusque-là, réalisant ainsi sous cette dernière forme un appareil qui rend inutile tout perfectionnement ultérieur.

La marche des expériences est d'ailleurs la même, quel que soit l'actinomètre employé ; il est temps d'aborder la description d'une opération de ce genre.

L'instrument étant installé et restant fermé, le thermomètre prend exactement la température de l'enceinte. On la note soigneusement, jusqu'au dixième de degré. Cette lecture faite, on procède à l'orientation, et on ouvre le tube d'admission. La température du thermomètre s'élève rapidement et, au bout de vingt minutes au plus, elle reste stationnaire. Il convient de noter, minute par minute, les températures croissantes et, enfin, le maximum qu'on maintiendra un temps suffisant pour éviter toute erreur. Puis

on ferme le tube, et on note encore la marche descendante du thermomètre pendant dix minutes environ, ce qui permet de tenir compte de la vitesse du refroidissement dû au contact de l'air. Le père Secchi négligeait cette correction, qui paraît cependant indiquée. Aux yeux de quelques-uns, c'est une pure coquetterie d'expérience; car la température stationnaire ne subit de ce chef qu'une légère variation, et ce n'est point une erreur de cet ordre qui divise nos savants. Mais les observations actinométriques ne sauraient être trop rigoureuses pour déterminer l'absorption atmosphérique, et dans ce but spécial aucune correction n'est déplacée.

Telle est la méthode adoptée pour la détermination des températures stationnaires. Il sera très intéressant et extrêmement utile pour la suite de ce travail de comparer les résultats obtenus en divers lieux par les observateurs. Voici en regard des noms des expérimentateurs, les lieux où l'on a relevé les températures stationnaires et leurs valeurs en degrés centigrades :

OBSERVATEURS	STATIONS	ALTITUDE	EXCÈS
Le père Secchi	Rome	52 mètres	12°, 06
Violle	Grenoble	214	12°, 30
Soret	Genève	400	15°, 50
Violle	Les Bossons	1200	14°, 40
Soret	Mont-Blanc	4810	21°, 13
Violle	id.	id.	17°, 80

Ces nombres, qui ne correspondent évidemment pas à un état du ciel absolument identique, sont cependant très voisins ; corrigés de l'absorption atmosphérique, ils répondent à 29°,02 d'après M. Soret et le père Secchi, à 31°,63 d'après M. Violle. Il serait peu scientifique de dire que cette différence de 2°,61 soit négligeable ; mais, dans l'important débat que nous voulons juger, c'est une divergence de peu de conséquence, si nous la comparons à celles que nous aurons à constater sur d'autres points. Négligeons-la

donc, et admettons que le père Secchi et M. Violle soient d'accord, non seulement dans la méthode opératoire, mais encore dans les résultats de leurs expériences.

II

Si l'accord existe dans les faits d'observation immédiate, il ne règne plus dans les idées.

En effet, tandis que le père Secchi conclut de ses expériences et de celles de M. Soret à une température de plus de cinq millions de degrés, M. Violle en affirme 1500. En interprétant donc des résultats d'expériences fort comparables, ces deux savants trouvent des chiffres qui varient dans le rapport de 1 à 3000. Mon résultat, dit M. Violle (1), « paraîtra très vraisemblable à tout esprit non prévenu. » — « Il nous paraît impossible d'admettre un nombre aussi faible, » affirmait d'autre part le savant professeur du Collège Romain (2). — « Il faut de toute nécessité renoncer à ces millions », lui répondait encore M. Violle (3).

Bref, le désaccord est complet et de plus, il est affirmé de telle sorte qu'aucun compromis ne peut intervenir. Nous allons en rechercher les causes et les discuter avec impartialité. Pour cela, il faudra d'abord exposer la théorie de l'actinomètre, et établir la relation qui existe entre les excès stationnaires indiqués par cet instrument et la température effective du soleil.

Nous avons déjà dit que, si la température du thermomètre ne s'élève plus sous l'action des rayons solaires, cette immobilité est due à ce que la chaleur reçue du soleil égale la chaleur perdue par le thermomètre dans l'enceinte

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 5, x, p. 359.
(2) *Le Soleil*, II, p. 241.
(3) De la température du soleil, par J. Violle, *Journal de Physique théorique et appliquée*, T. v, mars, 1876.

qui l'entoure ; il dépense ce qu'il gagne, et ne s'enrichit plus. En écrivant que le gain est égal à cette perte, on établit une relation entre les températures T du soleil qui rayonne, t du thermomètre et t' de l'enceinte qui reçoit.

Or, pour exprimer le gain et la perte, il faut appliquer les lois du rayonnement, c'est-à-dire les lois de la transmission à distance de la chaleur d'un corps chaud à un corps moins chaud, en vertu d'un excès déterminé et connu.

Ces lois sont du domaine de la physique générale; elles sont étudiées depuis longtemps, et formulées avec beaucoup de netteté ; leur application présente cependant de grandes difficultés, sur lesquelles il convient d'arrêter notre attention.

Newton, ayant observé le refroidissement d'un thermomètre, constata que les pertes de chaleur qu'il éprouvait dans des temps égaux étaient de moins en moins considérables au fur et à mesure que l'excès de sa température sur l'air ambiant diminuait ; il donna la loi de ces variations en annonçant que les pertes de chaleur étaient proportionnelles aux excès. La quantité de chaleur perdue varie de plus avec la surface du corps rayonnant et son pouvoir émissif, de sorte qu'on exprime ces pertes en faisant le produit de la surface par le pouvoir émissif et l'excès.

Cette loi est peut-être trop simple pour être absolument vraie. Découverte en 1701, elle dut au patronage illustre de Newton d'être admise sans vérification pendant plus d'un siècle; mais Delaroche l'ayant soumise au contrôle de nouvelles expériences, il fut constaté qu'elle n'était rigoureusement exacte que pour de faibles excès, ne dépassant pas 80 degrés. La loi de Newton n'était donc pas une loi générale de la nature.

Dulong et Petit reprirent la question, et publièrent en 1818 un mémoire extrêmement remarquable, qui fut couronné par l'Académie des sciences. C'est un chef-d'œuvre que Pouillet a eu raison d'appeler un modèle d'exactitude et d'invention que les jeunes physiciens ne peuvent étudier

avec trop de soin (1). Les savants physiciens formulèrent de nouvelles lois du refroidissement. D'après eux, la radiation n'est pas simplement proportionnelle à l'excès de température; elle croît en progression géométrique, lorsque l'excès croît en progression arithmétique. Une application fera saisir la différence aux lecteurs peu familiarisés avec la notation algébrique. La chaleur rayonnée était proportionnelle aux excès, d'après Newton ; elle doublait donc, si l'excès doublait. D'après Dulong et Petit, si l'excès est double, la vitesse de refroidissement du corps qui rayonne vers une enceinte qui ne lui restitue point de calorique croît proportionnellement au carré du nombre 1,0077 élevé à une puissance égale à l'excès. Cette variation est bien plus rapide, comme l'indique le tableau comparatif ci-dessous des vitesses de refroidissement dans le vide, calculées par les formules de Newton et de Dulong.

Excès :	80°	160°	240°
Loi de Newton	1,72	3,44	5,16
Loi de Dulong	1,72	4,81	10,68

Les pertes calculées par la formule de Dulong, sont dès lors dépendantes de la valeur absolue de l'excès.

L'expérience et le calcul sont concordants jusque vers 300 degrés d'excès. Dulong et Petit ne dépassèrent point cette limite, et affirmèrent cependant l'exactitude de leurs lois sans aucune réserve. On admit après eux que ces lois étaient absolument générales, et on en fit la base des applications à toutes températures. La loi de Newton fut considérée comme une première approximation, applicable pour de faibles excès aux corps d'une conductibilité parfaite.

Pouillet, M. Vicaire, M. Violle s'adressèrent à la formule de Dulong et Petit pour établir la formule de l'acti-

(1) *Éléments de physique expérimentale*, t. II, page 522.

nomètre. En effet, elle paraissait indiquée. Le père Secchi, au contraire, considérant la loi de Newton comme une loi élémentaire, s'en rapportant du reste au témoignage d'Ericcson, dont les expériences infirmaient la loi de Dulong, préféra appliquer la formule de Newton. Ericcson, Waterston et M. Soret firent de même après lui.

Or, voici les résultats auxquels conduisent ces deux hypothèses.

D'après la loi de Newton, la chaleur reçue du soleil est égale au produit de l'excès T de sa température par son pouvoir émissif E et sa surface rayonnante S; soit TES. La chaleur reçue par l'enceinte s'obtient de même en multipliant l'excès de température $t-t'$ du thermomètre sur l'enceinte (excès que nous appellerons θ), par son pouvoir émissif égal à l'unité et sa surface Σ. La perte est donc représentée par $\theta\Sigma$.

Égalant la perte et le gain, il vient

$$TES = \theta\Sigma$$

d'où

$$ET = \frac{\Sigma}{S}\theta.$$

Le rapport $\frac{\Sigma}{S}$ est facile à évaluer. Il ne s'agit pas évidemment de calculer la surface réelle de l'astre, mais on comparera l'aire de son disque apparent à la surface totale de la sphère qui entoure le thermomètre. Or, le thermomètre voit le soleil sous un angle de 32′ 3″, 6; le disque solaire est dès lors 183 960 fois plus petit que la sphère, et le rapport $\frac{\Sigma}{S}$ égale 183 960. Si donc on admet provisoirement que E soit égal à l'unité, nous aurons

$$T = 183\,960\,\theta$$

Soit 5 338 519 degrés, d'après le père Secchi et M. Soret.

Mais bien autre sera la conclusion si nous appliquons la loi de Dulong. L'expression du gain du thermomètre sera $1,0077^{T}ES$; la perte sera $(1,0077^{t}—1,0077^{t'})\Sigma$. Effectuant le calcul et résolvant l'équation, M. Violle trouve 1500 degrés.

Il y a un abîme entre ces deux conclusions ; et la cause n'en est pas dans la différence des températures stationnaires relevées par les deux savants physiciens. Si M. Violle appliquait la formule de Newton, il trouverait pour T, 5 818 654 degrés ; mais partant d'une loi qui se confond avec la première pour de faibles valeurs des excès, il aboutit à une température qui paraît aussi dérisoirement faible que les millions du père Secchi sont fabuleusement énormes. Il est vrai que les 1500 degrés de M. Violle deviennent 2500 degrés, en prêtant au pouvoir émissif E du soleil une valeur égale à 0,037 au lieu de l'unité ; mais alors les millions se multiplient aussi et l'abîme ne se comble pas. 2500 degrés représentent du reste encore une température bien faible pour un astre qui émet depuis l'origine des temps, sans se refroidir d'une façon sensible, des flots de chaleur tellement considérables que si on transformait en travail l'infime quantité recueillie par notre globe, on trouverait l'équivalent de 750 milliards de machines à vapeur de 400 chevaux chacune (1) !

Le soleil atteindrait à peine la température de fusion du fer, alors que l'analyse spectrale nous révèle dans son atmosphère l'existence des vapeurs de ce métal. Car on y observe les raies de ces vapeurs, tandis qu'on ne les trouve point dans l'observation des creusets où l'industrie fond le fer et l'acier.

Cet argument est décisif. Le père Secchi en a encore découvert un autre d'une plus grande puissance (2) : « En

(1) Revue des dernières recherches sur la radiation solaire, par Raoul Pictet, *Archives des sciences*, 3, T. I, p. 56.

(2) *Le Soleil*, T. II, p. 240.

tenant simplement compte de la distance, la température solaire est 46 215 fois plus élevée que celle à laquelle peut parvenir un corps situé à la surface de la terre ; et en admettant qu'en moyenne la température d'un corps terrestre monte de 22 degrés, nous aurions déjà 1 016 730 degrés. Pour produire le même effet, il faudrait concentrer sur un espace de 1 centimètre carré les rayons qui tombent sur une surface de 4, 6 mètres carrés. Or, les lentilles à échelons qui n'ont que 1 mètre de surface, et qui absorbent beaucoup de rayons, sont cependant capables de volatiliser la plupart des substances connues. Qu'on juge par là des effets que peut produire la température du corps solaire.»

M. Soret a confirmé ce raisonnement par une contre-épreuve très ingénieuse de ses expériences actinométriques sur la radiation solaire. Il se créa un soleil fictif, en chauffant au blanc un disque de magnésie dans la flamme oxhydrique, et plaça son instrument à une distance telle que le diamètre apparent de ce disque fût celui du soleil. L'excès stationnaire fut trente fois moindre !

Nous en conclurons que la température du soleil ne peut être de 1500 degrés, ni de 2500.

Or, dans les travaux de MM. Vicaire et Violle, il n'y a d'erreur possible que dans l'application de la loi de Dulong et Petit.

Cette loi doit donc nécessairement être soumise à une révision critique : nous allons résumer ce qui a été fait dans cette voie depuis peu d'années.

III

« Les découvertes de la science apprennent la circonspection, » a dit quelque part M. Dumas. Ce mot est profondément vrai. Aujourd'hui les physiciens se donnent plus de peine pour découvrir les écarts des lois qu'ils sont amenés

à formuler, qu'on ne s'en donnait au début de ce siècle pour publier des lois générales.

Aucune de ces lois générales n'a survécu au contrôle méticuleux de Regnault et de son école ; et en vérité nous sommes tous ses élèves, car nous n'admettons plus l'exactitude des lois que dans les limites où elles ont été constatées.

Tel est le cas des lois de Dulong et Petit sur le rayonnement de la chaleur. Il est imprudent et dangereux de les appliquer en dehors des limites étroites entre lesquelles ont été renfermées les expériences. En effet, les travaux de Melloni, de MM. de la Provostaye et Desains, Tyndall et Draper, nous ont appris qu'à mesure que la température s'élève, l'énergie des rayons augmente, en même temps qu'il s'ajoute aux radiations déjà existantes des radiations nouvelles de plus grande réfrangibilité que les premières.

La chaleur perd de son homogénéité, et sa nature se modifie pour ainsi dire. Dès lors pourquoi une même loi présiderait-elle à des phénomènes différents ?

Du reste, sur d'autres points déjà, les lois de Dulong et Petit avaient été trouvées en défaut. Dans une très remarquable étude de révision (1) dont l'ampleur et le mérite ne le cèdent en rien au mémoire original de 1818, MM. de la Provostaye et Desains avaient démontré que le pouvoir émissif d'une surface varie avec la température absolue. De plus, et c'était leur résultat le plus considérable, ils démontrèrent que le pouvoir refroidissant de l'air aux pressions faibles de 8 à 40 millimètres ne répond plus du tout à la formule de Dulong. Le même désaccord entre la loi et les faits a été observé par moi (2) aux pressions éle-

(1) Mémoires sur le rayonnement de la chaleur, par MM. de la Provostaye et Desains, *Annales de Chimie et de Physique*, 3, T. XVI ; T. XXII et T. XXX ; *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, T. XXII.

(2) Mémoire sur le pouvoir refroidissant de l'air aux pressions élevées par M. Aimé Witz ; *Annales de Chimie et de Physique*, 5, T. XVIII ; *Comptes rendus*, T. LXXXIX ; et *Beiblætter* T. III, p. 790.

vées de 3 à 8 atmosphères, de telle sorte que les formules de Dulong et Petit ne sont plus applicables en deçà de 40 et au delà de 1200 millimètres de pression. Enfin l'influence de la conductibilité des surfaces rayonnantes, et des variations de forme et de dimension de l'enceinte devient très sensible quand on modifie les dispositions des premières expériences. Bref, les lois générales s'évanouissent, les formules simples cessent d'être applicables en dehors des limites entre lesquelles opérèrent Dulong et Petit, et nous dirons avec M. Jamin (1) que ces formules ne sont que « des relations empiriques applicables surtout dans les conditions particulières où s'étaient placés les expérimentateurs. » En particulier, pour la loi des excès, il ne sera pas sans danger de faire une extrapolation dans le but de déterminer la température d'un corps incandescent.

Tel est le jugement, très atténué dans son expression, que prononce la théorie. Il convenait de le corroborer par des déterminations pratiques.

Or, l'épreuve a été faite, et nous allons voir l'expérience confirmer les restrictions que nous venons de formuler *à priori*.

Pouillet assurait avoir poursuivi avec succès jusqu'à 1000 degrés l'expérience de Dulong et Petit. Cependant MM. de la Provostayé et Desains, ayant exposé un appareil thermo-électrique, d'une grande sensibilité et d'une précision rigoureuse, au rayonnement d'un vase plein d'alliage fondu, observèrent qu'au delà de 200 degrés la loi des excès ne se vérifiait plus (2).

M. Ericcson formula les mêmes conclusions à la suite d'expériences qu'il entreprit sur un vaste thermomètre à réservoir métallique, éminemment conducteur. Au-dessous

(1) *Cours de physique*, par MM. Jamin et Bouty, T. II, p. 378.

(2) *Traité de physique*, par M. P. Desains, t. II, p. 596 et *Rapport sur les progrès de la théorie de la chaleur*, p. 93.

de 100 degrés, les résultats observés présentaient un accord parfait, même avec ceux que l'on calculait par la loi de Newton ; au rouge, la loi de Dulong était en désaccord avec les faits. Ainsi le pouvoir rayonnant d'un creuset chauffé à 1666 degrés contenant plusieurs tonnes de fer fondu, fut trouvé 4 fois plus considérable qu'à 65 degrés, tandis que d'après la loi de Dulong et Petit il eût dû être 4000 fois plus fort. D'après M. Ericcson, cette loi est donc absolument fausse à cette température.

C'est ce que prouvent encore les remarquables expériences de M. Soret, faites dans les laboratoires de l'Université de Genève (1). Nous n'en citerons que deux qui résument toutes les autres.

La première, inverse de celle qui a été décrite ci-dessus, avait pour but d'employer l'actinomètre à la détermination d'une température connue par ailleurs, celle d'un fragment de zircone ou de magnésie fortement chauffé dans la flamme oxhydrique ; on l'estime voisine de 2000 degrés. En déduisant de l'excès stationnaire observé la température du corps rayonnant par la formule de Newton, on trouvait 91980 degrés, et seulement 870 par la formule de Dulong. Ces résultats sont tous deux inexacts, et la loi de Dulong se trouve infirmée par cette expérience aussi bien que la loi de Newton.

La deuxième expérience, d'une forme entièrement différente, n'est pas moins concluante. Elle consiste à chauffer un fil fin de platine en le faisant traverser par un courant électrique. Le fil atteint rapidement une température maximum. A ce moment, la chaleur qu'il perd égale la chaleur qu'il reçoit. Il perd de la chaleur par conductibilité en quantité négligeable, et surtout par rayonnement. On peut calculer cette dernière perte par la loi de Dulong. Il gagne de la chaleur par la transformation du flux élec-

(1) Sur la température du soleil, *Archives des sciences*, 1872. — Note sur le rayonnement calorifique des corps à des températures élevées, *Archives*, 15 janvier 1879.

trique qui le traverse ; cette quantité pourrait être évaluée par la loi de Joule, mais il est plus simple de chercher quel est le prix en chaleur du travail dépensé à faire mouvoir la machine de Gramme qui donne naissance au courant. Ces deux quantités sont égales, car il n'existe point d'autre cause de déperdition de calorique.

Or, voici le résultat de cette curieuse expérience. Le fil fondait en peu d'instants. M. Soret, estimant pour lors sa température à 1700 degrés, calculait par la formule de Dulong qu'il perdait 145 petites calories par minute. Mais le travail total fourni par le moteur dans le même temps était de 18 000 kilogrammètres, qui équivalent à 42 calories, et le travail utilisé n'est pas le quart du travail disponible. La chaleur reçue par le fil ne saurait donc dépasser 11 calories, soit $\frac{1}{13}$ de ce que le fil perdrait si la loi de Dulong était vraie ; écart énorme qui condamne cette loi.

La voilà donc mise en doute par une théorie à *priori*, et démontrée fausse par l'expérience, aux températures élevées ; est-elle désormais admissible ?

Un défenseur lui est encore resté, c'est M. Violle. Son opinion est d'un grand poids dans la question, et nous manquerions de courtoisie envers le savant professeur, non moins que d'impartialité dans le débat, en n'accordant pas aux arguments dont il étaye cette loi chancelante toute l'attention qu'ils méritent.

M. Violle a voulu opposer une expérience précise aux déterminations approximatives de M. Soret. La température du disque de zircone n'est ni uniforme ni bien connue. Il a donc expérimenté sur un jet d'acier fondu s'échappant d'un four Martin-Siemens, aux forges d'Allevard, dans l'Isère. Il recevait sur son actinomètre pendant une minute la radiation de la veine incandescente, et notait un excès stationnaire de 1°,3. Les différentes mesures relevées pendant deux journées successives furent parfaitement concordantes. La température du jet liquide est de 1500 degrés à une distance de 50 centimètres du trou de

coulée, d'après des travaux très précis de M. Gruner (1). Appliquant la formule de Dulong à l'indication de l'actinomètre, et prêtant au fer en fusion un pouvoir émissif égal à 0,037, M. Violle trouve aussi 1500 degrés. Cette concordance est fort remarquable en apparence ; mais elle tient uniquement au choix de la valeur assignée au pouvoir émissif, valeur qu'on a déterminée en la prenant d'abord pour inconnue dans la formule même de Dulong. C'est répondre à la question par la question. M. Violle en conclut cependant en faveur de l'exactitude de la loi, parce qu'il trouve la valeur du pouvoir émissif vraisemblable.

Cette conclusion est-elle suffisamment légitimée ?

La principale objection de M. Violle contre l'expérience de M. Soret porte sur l'indécision qui règne encore sur le pouvoir émissif de la zircone, que le savant de Genève prend égal à l'unité. Il me semble qu'on peut formuler la même objection relativement à l'acier fondu. En effet, le pouvoir émissif de ce métal nous est tout aussi inconnu, et nous avons vu comment M. Violle le détermine. Il plaide la vraisemblance du chiffre 0,037 en rappelant que « MM. de la Provostaye et Desains ont établi que les métaux ont en général un pouvoir émissif extrêmement faible ; » mais le pouvoir émissif du fer poli est 0,108, c'est-à-dire au moins triple de la valeur acceptée par M. Violle. De plus, il n'est point démontré que le pouvoir émissif du fer soit le même que celui de l'acier Martin, car j'ai trouvé (2) pour celui de la fonte 0,40. Enfin de quel droit étendrait-on au métal incandescent et liquide une propriété reconnue au métal poli ? Les mêmes savants physiciens dont on invoque la grande autorité, ont démontré que le pouvoir émissif varie avec la température. Au rouge naissant, le pouvoir du platine est déjà 0,14, alors qu'il n'est que 0,10 à 100

(1) *Annales des mines*, s. 7, T. IV, 1873.

(2) Essai sur l'effet thermique des parois d'une enceinte sur le gaz qu'elle renferme, par M. Aimé Witz. *Annales de Chimie et de Physique*, 5, T. XV, p. 493.

degrés. Le raisonnement de M. Violle en faveur du chiffre 0,037 est dès lors ruiné par la base.

Je crois pouvoir tirer des conclusions tout opposées à celles de M. Violle, d'un travail extrêmement curieux de M. Hirn (1) sur les propriétés optiques de la flamme des corps en combustion. Le savant ingénieur a constaté, après Arago, que la lumière émise par une flamme ou un corps incandescent n'est pas polarisée. Elle le serait cependant si les particules lumineuses réfléchissaient les rayons émis par leurs voisines. Pour expliquer dès lors l'absence de toute polarisation, il faut absolument admettre qu'une température élevée enlève à ces particules leur pouvoir réflecteur. Par suite, le pouvoir émissif, complémentaire du précédent, est maximum aux températures élevées, et je trouve M. Soret plus fondé à prêter au fragment de zircone un pouvoir émissif égal à l'unité, que M. Violle à donner à l'acier un pouvoir égal à 0,037.

Cet argument, que je crois nouveau, me paraît très fort, et me permet de rejeter la démonstration de M. Violle.

La loi de Dulong et Petit n'est donc point démontrée aux températures élevées.

Dès lors, nous manquons d'un élément indispensable à l'évaluation de la température du soleil, et nous dirons avec le savant rapporteur de la commission du prix Bordin (2) que « les résultats définitifs auxquels M. Violle est arrivé ne sauraient échapper aux incertitudes inhérentes aux principes mêmes sur lesquels il a dû s'appuyer. »

La question en était restée à ce point depuis le jugement de l'Académie des sciences, lorsque M. Rossetti, professeur de physique à l'Université de Padoue, présenta à l'Académie dei Lincei un ensemble de recherches expérimentales (3) qui réunit tous les suffrages de ce corps savant,

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 4. T. XXX, p. 319.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, T. LXXXIV, p. 813, 1877.

(3) Sulla Temperatura delle fiamme, *Atti del R. Inst. Ven*, serie V, t. VIII. — *Di alcuni recenti progressi nelle scienze fisiche e in particolare di alcuni*

et mérita d'être couronné. Ce travail, remarquable à tous égards, pourra hâter beaucoup la solution du grand problème solaire.

Recourant à la pile thermo-électrique dont MM. de la Provostaye et Desains s'étaient servis avec tant d'habileté et de succès, le savant italien reprend en sous-œuvre tout le travail de Dulong et Petit, et il cherche non seulement une expression de l'effet thermique produit par le rayonnement, qui réponde plus exactement aux faits, entre des limites moins étroites, mais encore il consacre une grande partie de son travail à la détermination du pouvoir émissif des corps incandescents. Il serait difficile de résumer en quelques lignes un travail aussi considérable; mais il importe à la question que nous traitons de donner les conclusions de l'auteur, qui sont parfaitement fondées et très nettement énoncées.

M. Rossetti admet que le pouvoir émissif varie proportionnellement au carré de la température absolue des corps. Introduisant cette hypothèse dans les formules destinées à représenter le phénomène du rayonnement thermique en fonction de la température absolue (comptée à partir de — 273 degrés), et appelant T cette température du corps chaud, θ celle du milieu qui l'entoure, il est amené à adopter la formule suivante

$$a\,T^2\,(T - \theta) - b\,(T - \theta),$$

très voisine de la formule de Newton. Les résultats calculés par cette formule concordent avec les résultats observés jusqu'à 2670 degrés, température d'un cylindre d'oxychlorure de magnésium de Carlevaris chauffé dans la flamme oxhydrique. Cette épreuve est décisive, et l'on est

indagini intorno alla temperatura del sole, Discours de rentrée à l'Université de Padoue, 1878. — Sur la température du soleil, recherches expérimentales, *Annales de Chimie et de Physique*, 5, T. XVI, p. 177. 1879.

porté à admettre que cette formule peut être appliquée avec confiance au cas des températures plus élevées, et que par conséquent elle peut, mieux que toute autre, servir à donner la température du soleil.

Cette extrapolation n'est peut-être pas sans danger, et il y a encore des expériences à entreprendre pour aboutir à la loi générale du rayonnement. Cependant un grand pas est fait, et la formule de M. Rossetti peut être appliquée avec plus de certitude que celles de Newton et de Dulong et Petit à la détermination de la température solaire.

Le savant professeur trouve 10 000 degrés pour la température effective du soleil ; mais il estime que ce chiffre doit être doublé, pour tenir compte de l'absorption produite par l'atmosphère propre de cet astre, laquelle est évaluée à $\frac{88}{100}$ par le père Secchi.

Tel est le dernier mot de la science. Il nous reste à discuter la probabilité de ce chiffre et de ceux trouvés antérieurement.

IV

Trois solutions soi-disant expérimentales sont données au séduisant problème de la température solaire : 2000, 20 000 et quelques millions de degrés, voilà les valeurs moyennes assignées par les physiciens les plus autorisés, à la suite de longues études et d'importants travaux. C'est entre ces témoignages si peu concordants qu'il faut décider.

Le chiffre de M. Rossetti est assurément le mieux établi; cependant il repose lui-même encore sur une extrapolation qu'on peut trouver hardie, et, devant un doute, l'opposition garde tous ses droits.

Le père Secchi croyait et déclarait « inadmissible de descendre au-dessous de un ou deux millions de degrés ; » la plupart de ses arguments ont été cités dans le cours de

ce travail. Aucun d'eux ne s'impose absolument à l'intelligence, et bien des savants s'effraient encore de ces millions de degrés qui défient toute mesure, dépassent toute conception et perdent même toute signification scientifique.

Il est vrai que le père Secchi n'énonçait ces millions que pour exprimer un état calorifique absolument différent de ceux que nous sommes à même de produire. Or, c'est précisément contre cette opinion que s'est toujours élevé M. Henri Sainte-Claire Deville, en affirmant au contraire que la température du soleil ne dépasse pas beaucoup celles qu'il a su produire dans son laboratoire. Les éléments constitutifs du soleil sont identiques à ceux de notre globe, dit-il ; le spectroscope a confirmé la conception de Laplace; les mêmes lois régissent la matière dans tout l'univers, et en particulier la température développée par les réactions chimiques et les combustions dans le soleil est la même que celle que nous observons sur la terre ; les lois de la dissociation arrêtent donc aux mêmes limites l'action des affinités. Les températures sont dès lors au moins analogues sinon identiques. Or, on n'a pas encore atteint 3000 degrés ; ces millions de degrés ne sont donc pas autre chose qu'un fruit de l'imagination.

Nul ne peut disserter avec plus de compétence sur la température des foyers que l'illustre professeur de la Sorbonne, maître de conférences à l'École normale. Cependant il nous permettra de lui objecter que les résultats si remarquables et si étonnants auxquels il est parvenu, donnent le droit d'espérer de lui d'autres résultats plus étonnants encore. M. Sainte-Claire Deville a fait couler le platine ; quand nous annoncera-t-il qu'il a vu couler le charbon ? Il a pu montrer dans son laboratoire les bandes du calcium, quand observera-t-il les raies de ce métal ? Quand le charbon prendra-t-il dans ses creusets cette couleur rose observée par M. Berthelot au foyer d'une puissante lentille à échelons ? Il y réussira sans doute quelque jour, ou bien il en léguera le secret aux disciples qui l'en-

tourent ; mais en attendant, le maître lui-même est-il autorisé à poser les limites de ses succès? Ne dépassera-t-il pas 3000 degrés?

Du reste, M. Berthelot le lui fit observer un jour à l'Institut (1), « l'existence des hautes températures en principe et la possibilité de les réaliser paraissent devoir être distinguées avec soin, » et l'on ne peut guère « transporter avec quelque probabilité les limites auxquelles s'arrête notre impuissance à un milieu différant autant que le soleil de tout ce qui nous entoure. »

En effet, la pression est, d'après Zœllner, de 4 070 000 atmosphères à la surface du soleil ; dans ces conditions la matière est sans doute à cet état critique, si bien étudié par M. Andrews, où l'affinité peut être exaltée, tandis que les lois de la dissociation sont modifiées considérablement. Dans ce domaine, un vaste champ est ouvert à l'hypothèse, et la contradiction a peu de prise sur l'affirmation la plus téméraire, parce qu'elles manquent de base toutes deux.

Remarquons enfin que la solution de ce problème cosmique ne dépend pas uniquement des températures de combustion ; car il est prouvé par les travaux de MM. Faye, Lockyer et Janssen, que le soleil n'est pas simplement un foyer de matières en combustion. Une sphère de houille de même masse n'aurait suffi au rôle du soleil que cinq siècles durant, et elle serait éteinte aujourd'hui.

Il faut absolument admettre (2), en plus de tous les phénomènes de combustion, non seulement un approvisionnement antérieur de chaleur, mais encore un renouvellement continuel par des actions mécaniques. Pour ce qui est du premier point, la formation du soleil par la condensation

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. LXXVIII, p. 1822.

(2) Cf : *Le Soleil*, par le père Secchi ; *Conservation de la force*, par Helmholtz ; *Considérations sur la production de la chaleur du soleil*, par Mayer ; *Comptes rendus*, passim, Faye, Berthelot, Thomson; *Cours de physique*, par Jamin et Bouty ; etc.

d'une nébuleuse explique l'énorme quantité de chaleur emmagasinée pour ainsi dire par cet astre ; c'est l'équivalent de la force vive transformée en chaleur par le fait de l'attraction. Toutefois, d'après Helmholtz, le soleil ne possède plus que la 450me partie de sa chaleur initiale; mais il serait dès longtemps refroidi, s'il n'existait une cause quelconque pour entretenir son incandescence. C'est probablement une chute perpétuelle d'astéroïdes qui, arrivant de l'infini avec une vitesse de 444 kilomètres par seconde, produisent autant de chaleur en tombant que la combustion de 9000 fois leur poids de houille.

Mais cette pluie de bolides généralement admise, n'est point le seul facteur qui intervienne dans le phénomène de la conservation de la chaleur solaire ; car, s'il en était ainsi, le nombre de ces corps dont se nourrirait le soleil devrait être si considérable que sa masse augmenterait rapidement, et sa vitesse de rotation sur lui-même serait diminuée d'une heure en 53 ans, ce qui n'est pas, à moins d'admettre une diffusion correspondante de la matière solaire dans les espaces planétaires. Mieux vaut peut-être attribuer avec M. Maxwell Hall une part, dans le phénomène de la conservation de la chaleur, à une contraction annuelle du soleil de 39 mètres sur son diamètre. Ce seul fait suffirait, et il pourrait rester longtemps inaperçu, attendu qu'il faudrait 18263 ans pour que le diamètre apparent du soleil diminuât d'une seconde. Il est enfin parfaitement admissible, car les savants sont presque d'accord pour reconnaître au soleil des variations à courte période qui rendent fort probables des variations séculaires.

Quoi qu'il en soit, la chaleur solaire est produite par des actions mécaniques bien plus que par des combustions internes. Dès lors, pourquoi ces limites étroites que notre science, probablement fort courte, trace à ce foyer grandiose, par comparaison avec nos foyers à combustion ? Ce foyer, alimenté par des actions mécaniques, peut être à une température qui dépasse toutes celles qu'une combustion

produira jamais, parce que la transformation de la force vive en chaleur est absolument illimitée. Il n'est point de température que par une compression brusque ou par un choc nous ne puissions produire théoriquement ; et en opérant dans un temps infiniment court sur une masse infiniment petite avec une force infiniment grande, nous concevons qu'on puisse développer des millions de degrés. Peut-être les produira-t-on un jour sur notre globe. La liquéfaction, voire même la solidification de l'hydrogène, opérée par une brusque détente, eût paru jadis tout aussi impossible.

Or, le soleil nous présente des mouvements de la matière qui révèlent une énergie inexprimable pour nous. Le 1er juillet 1871, le père Secchi observa une masse incandescente lancée dans l'espace avec une vitesse de 421 kilomètres par seconde, et formant un jet de 345 000 kilomètres de hauteur, soit plus de 54 fois le rayon de la terre! La terre lancée comme un boulet dans les espaces planétaires serait une faible image d'un tel phénomène!

Devant ces faits, les millions de degrés du père Secchi deviennent vraisemblables, si on les suppose produits par des actions mécaniques, et en attendant qu'on en fasse la preuve, ils sont assurément plus probables que les 1398 degrés de M. Vicaire et les 1500 degrés de M. Violle. Ces derniers chiffres, déduits de l'application d'une loi manifestement fausse, seront rejetés. Au contraire les 20 000 degrés de M. Rossetti sont basés sur une expérience solide; ils sont encore discutables, mais c'est le dernier mot de la science. Nous l'admettrons provisoirement, ne doutant pas qu'on ne démontre un jour que ce chiffre est un minimum.

Aimé Witz,
Professeur à l'Université catholique de Lille.

BIBLIOGRAPHIE

I

A. Wolynski, *Nuovi documenti inediti del Processo di Galileo Galilei*, Florence, 1878, in-8°. — H. Grisar, S. J.; *Die römischen Congregations decrete in der Angelegenheit des Copernicanischen Systems historisch und theologisch erörtert*. — R. Wolf, *Geschichte der Astronomie, Galileo Galilei*, Munich, 1877, in-8°. — E. Wohlwill, *Der original Wortlaut der päpstlichen Urtheils gegen Galilei* (Sep. Abdr. der *Zeitschrift für Math. und Phys.*), 1878.

M. A. Wolynski, auteur de divers écrits concernant Galilée et son procès, donne dans ce nouveau volume une appréciation des travaux importants publiés dans ces dernières années, ceux de Mgr Marini, de M. H. de l'Épinois en 1867, de Gherardi, Wohlwill, Olivieri, Govi, Riccardi, vers 1870, et des ouvrages plus récents de MM. Pieralisi, Berti, Gebler, Wohlwill, P. Desjardins, Schanz, Scartazzini; enfin, des éditions complètes du dossier du Vatican par MM. de l'Épinois et Gebler. Il raconte ses efforts, restés sans succès, pour examiner par lui-même le manuscrit du procès. Enfin, il s'occupe plus spécialement des questions aujourd'hui controversées entre les publicistes allemands et les Italiens, celle de l'authenticité du fameux manuscrit et celle de la torture à laquelle Galilée aurait été soumis.

Les appréciations de M. Wolynski sur les travaux de M. de l'Épinois ne sont pas toujours impartiales ; on reconnaît que c'est un ami de M.

Berti qui tient la plume. Les documents inédits que l'auteur apporte à son tour sont de peu d'importance et n'éclaircissent guère les questions obscures du procès : ce sont, pour la plupart, des pièces de correspondance sans grand intérêt entre les inquisiteurs de Rome et de Florence.

La valeur de l'ouvrage de M. Wolynski est plutôt dans la discussion, à l'aide de documents déjà connus, des deux problèmes que nous avons indiqués ci-dessus. M. Wolynski n'est nullement un ami de l'Église, l'approbation sans réserve dont il gratifie une page absolument pitoyable du Dr Scartazzini, les déclamations contre Rome que l'on rencontre çà et là, le disent assez. La vigueur avec laquelle il combat les hypothèses de M. Wohlwill et de M. Scartazzini, n'en aura que plus d'autorité aux yeux des gens qui se défient du parti pris.

M. Wolynski présente d'abord un récit assez développé et généralement exact de ce qui s'est passé en 1616 et en 1633 entre le saint-office et le savant Florentin ; cet exposé réfute déjà une partie des *rêveries* proposées par la partie adverse. Peut-être l'auteur a-t-il un peu trop suppléé par son imagination aux lacunes et aux obscurités que présentent les pièces historiques sur des points d'importance secondaire. Remarquons aussi que, n'ayant pas compris le sens du mot *hypothèse* employé par les Congrégations dans leur autorisation d'enseigner le système de Copernic, il écrit sur cette question (p. 71) une page dépourvue de toute valeur.

M. Wolynski discute longuement l'authenticité et la valeur du procès-verbal du 26 février 1616 (1) et établit l'intégrité de ce document par des arguments nombreux, que nos lecteurs connaissent déjà. Il est assez curieux de le voir aux prises avec le Dr Scartazzini, celui dont l'imagination s'est donné la plus large carrière dans cette fameuse discussion. Non seulement M. Scartazzini a reconnu la falsification, mais il sait quand elle s'est opérée : « Elle était méditée et préparée au commencement de septembre 1632, mais elle n'existait pas sous sa forme actuelle à l'époque où le P. Riccardi s'en entretenait avec l'ambassadeur de Toscane. Peut-être le brouillon en était-il déjà couché sur le papier, mais sous une forme un peu différente de ce que nous lisons aujourd'hui dans le manuscrit du Vatican, et peut-être avait-on ébauché un autre procès-verbal qui fut détruit plus tard pour y substituer celui que nous trouvons maintenant. » Enfin, « la falsification eut lieu entre le mois de septembre 1632 et le mois de février 1633, par les soins de la curie romaine. »

Répondant à ces élucubrations, risibles à force d'être dépourvues d'un fondement quelconque, M. Wolynski montre l'impossibilité de ces

(1) Voir la *Revue*, 1877.

prétendus remaniements, parce qu'ils n'ont eu pour auteur ni le P. Riccardi, ni le P. commissaire Firenzuola, ni le pape, ni aucun de ceux en position de les effectuer. Il conclut que « l'idée de la falsification du procès-verbal du 26 février n'est que l'effet des hallucinations d'un esprit faible et aveuglé, la manifestation d'une passion à la fois sans frein et sans puissance. »

D'après le Dr Scartazzini, le but de cette infamie aurait été « d'avoir une arme pour frapper Galilée dans le cas même où il eût pu se justifier d'avoir soutenu le système condamné. » Mais, observe justement M. Wolynski, il est faux que cette pièce ait été la base principale de l'accusation; et parcourant tous les documents, il montre que le motif exprès et essentiel de la condamnation de Galilée fut le reproche d'avoir adhéré de cœur, malgré les décisions de 1616, au système de Copernic. La désobéissance aux prescriptions qui le concernaient personnellement n'a été qu'une circonstance aggravante. M. Wolynski étudie d'ailleurs page par page le manuscrit du Vatican avec sa double pagination; il explique que la distribution des pièces n'offre rien que de conforme aux usages du saint-office, que les indices de remaniement qu'y prétend trouver M. Scartazzini sont illusoires, et que, en particulier, la suppression de pièces imaginée par lui est une supposition incompatible avec la pagination.

Passant à la prétendue torture subie par Galilée, M. Wolynski discute contre M. Wohlwill la lettre pontificale du 16 juin 1633 (1) : *Galilei de Galileis de quo supra etc.*, et s'appuyant sur le texte vrai donné par MM. Pieralisi, de l'Épinois et Gebler, il soutient que les mots « *ac si sustinuerit* » se rapportent à l'*intention*, et non point à la torture. Il discute aussi le sens de l' « examen rigoureux », décrit en détail la pratique de l'Inquisition dans les procès d'hérésie, et aboutit à cette conclusion, que la fameuse expression dont ont tant abusé Libri, Wohlwill, et *tutti quanti*, n'est qu'une formule usitée dans toutes les sentences qui terminent les procès « *de Vehementi* », et ne prouve nullement que la torture a eu lieu. Il fait remarquer combien il est invraisemblable qu'Urbain VIII, dans son décret du 16 juin, eût prescrit de soumettre à la torture un vieillard de soixante-dix ans, que son âge et de graves infirmités en exemptaient, quand, dans ce même document, il est rappelé que « à cause de sa mauvaise santé et de son grand âge, il a été autorisé à résider hors des prisons du saint-office. »

Enfin, forcés par cette lettre du 16 juin et par le procès verbal de l'interrogatoire du 21 de reconnaître que, si ces documents sont authentiques, Galilée n'a souffert ni la torture effective, ni même la « *territio*

(1) Voir la *Revue*, 1877.

realis », MM. Wohlwill et Scartazzini poussent l'audace jusqu'à prétendre que toute cette partie du procès a été aussi « falsifiée. » Voici le raisonnement de Scartazzini : « Il est dit dans la sentence que les juges ont appliqué à Galilée l'examen rigoureux, *c'est-à dire la torture ;* donc il n'est pas possible de mettre en doute la vérité du fait. Le notaire du saint-office était tenu d'acter l'examen rigoureux et ses plus minimes particularités ; donc il a dressé le procès-verbal de la torture ; mais nous ne trouvons pas ce procès-verbal dans le volume qui renferme les actes du procès ; donc il en a été enlevé ; » et comme conclusion : « Non seulement les dernières phrases du procès-verbal, mais tout le procès-verbal du 21 juin est une falsification. *La date même du protocole du 21 juin est fausse.* »

Nos lecteurs connaissent les principaux arguments sur lesquels on appuie ces belles choses ; nous les avons réfutés ici. Ajoutons-y la remarque faite par Gebler, que la signature de Galilée au bas du procès-verbal est écrite d'une main tremblante, ce qui ne se comprend que trop. Pour nos critiques, c'est là, bien entendu, l'indice d'une fausse signature. M. Wolynski répond que la phrase : « *Io Galileo Galilei ho deposto come di sopra* », bien que tracée d'une main mal assurée, est si évidemment de Galilée, que Gebler et Berti, qui avaient soigneusement étudié la correspondance autographe du grand physicien, n'élèvent aucun doute à cet égard.

Mais où la fantaisie de nos critiques dépasse toute mesure, c'est sur la date de ce dernier interrogatoire du 21 juin, le seul dans lequel il soit possible de loger cette fameuse torture qui leur tient tant à cœur. C'est le 17, disent-ils, et non le 21, que l'interrogatoire « *de intentione* » a dû se faire, parce que le décret papal est du 16 et que son exécution ne souffrait aucun retard. La vérité est que cette date du 21 les gêne extrêmement, parce que nous voyons Galilée prononçant son abjuration le 22, et retournant le 23 au palais de l'ambassade. Or, les statuts de l'Inquisition exigeaient absolument que toute déclaration faite par un accusé dans la torture fût ratifiée librement par lui vingt-quatre heures après, et si Galilée a subi la torture le 21, où placer l'interrogatoire dans lequel aurait lieu cette dernière ratification ?

A ces allégations sans base, il est facile de répondre, et M. Wolynski le fait péremptoirement. La date du 21 juin pour le dernier interrogatoire de Galilée est absolument hors de doute par les dépêches de l'ambassadeur Niccolini, qui écrit le 26 : « Galilée a été appelé lundi soir (20) au saint-office, où il s'est rendu le mardi matin (21) selon l'ordre reçu ; il y a été retenu, et le mercredi (22) a comparu à la Minerve devant les cardinaux et prélats de la Congrégation ; là, on lui a lu la sentence et on lui a fait abjurer son opinion. » Il est vrai que pour Scartazzini l'ambassadeur de Toscane n'est lui-même qu'un *menteur*,

un complice anticipé de Mgr Marini ; mais cette accusation ridicule est encore renversée par les faits, car dans une dépêche antérieure (samedi 18 juin) Niccolini transmet ce qui suit : « J'ai fait de nouvelles instances pour l'expédition de l'affaire du seigneur Galilée, et Sa Sainteté m'a signifié qu'elle est déjà décidée, et *qu'un des jours de la semaine prochaine* il sera appelé au saint-office pour entendre la décision intervenue et la sentence. » Comment accorder cela avec un interrogatoire de Galilée entendu le 17 ? Il était d'ailleurs matériellement impossible, l'ordre pontifical étant du 16, de rédiger la sentence et la formule d'abjuration, de les soumettre à l'examen de l'auditeur, du commissaire, du fiscal, etc... Quatre jours ne sont vraiment pas trop pour cela.

M. Wolynski examine ensuite les prétendues preuves *extrinsèques*, tirées de la succession des pièces, de leur désordre apparent, et contrôlant le dossier feuillet par feuillet, il fait voir que les hypothèses de MM. Wohlwill et Scartazzini sont incompatibles avec la double pagination du manuscrit. « Concluons donc, dit-il enfin, que les documents du dossier du Vatican sont authentiques et intacts ; que Galilée n'a pas souffert la torture *de la corde,* ni même le premier degré de celle-ci, c'est-à-dire qu'il n'a pas été conduit à la salle du supplice, dépouillé de ses vêtements et lié à la corde, mais que, simplement, dans son dernier interrogatoire, il a été *menacé* de subir la torture, » ce qui est d'accord avec le procès-verbal publié par M. de l'Épinois.

Une série de pièces empruntées, les unes au manuscrit du procès, les autres aux ouvrages contemporains qui traitaient de la torture, permettent au lecteur de se former par lui-même une opinion sur le point en litige. Enfin, le volume de M. Wolynski se termine par des notices intéressantes sur quelques-uns des personnages qui figurèrent dans le procès de Galilée, Urbain VIII, le Cardinal Borgia, Mgr Ciampoli. Les recherches de l'auteur dans les archives diplomatiques lui ont permis de jeter la lumière sur certains points obscurs. Il explique comment le Cardinal Borgia, absent de Rome en 1633, n'a pu signer la sentence officielle, et comment Ciampoli, dont la disgrâce a été souvent attribuée à son zèle pour la défense de Galilée, était longtemps auparavant et pour de tout autres motifs très mal vu du saint-père. Ces pièces publiées par M. Wolynski, bien qu'elles n'aient pas un rapport immédiat avec l'objet de son livre, ne laissent pas de mériter l'attention.

Le R. P. Grisar, professeur d'Histoire ecclésiastique à l'Université d'Innsbrück, a publié en 1878, dans le *Zeitschrift für Katholische Theologie*, un premier travail, remarquable par la solidité et l'érudition, sur le procès de Galilée envisagé au point de vue du droit inquisitorial, de la situation de Galilée comme ayant désobéi aux ordres du saint-office, du traitement auquel le savent italien a été soumis. Nous ne nous occupe-

rons ici que du second mémoire du R. P. Grisar, celui où il traite les questions à nos yeux plus difficiles et plus graves, de la portée des décisions ecclésiastiques de 1616 et de 1633, de leur signification véritable devant la conscience des catholiques, des causes qui les ont amenées, de leur relation avec le problème des rapports entre la science et la révélation. C'est sous la forme d'une série de questions bien nettes que le savant théologien aborde ces divers sujets ; nous résumerons dans le même ordre les chapitres successifs.

I. *Exposé des décisions publiques des Congrégations romaines dans l'affaire du système de Copernic.* Nos lecteurs connaissent ces documents si souvent publiés, et en particulier le *Décret de l'Index* en date du 5 mars 1616, décret que le R. P. Grisar considère avec nous comme le plus important au point de vue doctrinal dans toute cette question. Il faut y joindre son Appendice du 10 mai 1619, prohibant l'*Epitome Astronomiæ Copernicanæ* de Képler, et le *Monitum* du 15 mai 1620, par lequel la Congrégation autorisait l'ouvrage de Copernic avec certaines modifications. Plus tard, et à un rang inférieur, viennent la sentence et l'abjuration qui terminèrent le procès de 1633, l'ordre de les publier et les correspondances relatives à cette publication. Le R. P. Grisar résume toutes ces pièces avec une exactitude et une franchise qu'on ne saurait trop louer.

II. *Conditions spéciales, forme et contenu du décret de* 1616. — Après avoir exposé les relations organiques existant entre les Congrégations du saint-office et de l'Index, notre auteur observe que, dans la question du mouvement de la terre, la première de ces deux corporations examine, qualifie et porte la décision, la seconde rédige le décret et le publie. Ce décret de l'Index est présenté en assemblée solennelle de la Congrégation du saint-office, le 3 mars 1616, et dans cette même séance, *le souverain pontife Paul V l'approuve et en ordonne la publication* (1).

Ici se présentent diverses questions graves et jusqu'ici généralement mal traitées, sur lesquelles le R. P. Grisar développe des vues qui ont toujours été les nôtres. On a argumenté de la *forme* du décret de 1616 pour dégager complètement la responsabilité pontificale ; on a argué (Bouix, par exemple) de ce fait, que le décret ne porte pas d'approbation du pape, condition nécessaire, a-t-on dit, pour engager son infaillibilité. Le P. Grisar se livre, à ce propos, à une curieuse étude sur la forme des décrets prohibitifs antérieurs et postérieurs à celui qui nous occupe, ce qui l'amène aux conclusions suivantes : — Le décret de 1616

(1) Gherardi, *Il processo Galileo...*, 1870, p. 29. « Relato decreto Congregationis Indicis.... SSmus ordinavit publicari edictum hujusmodi suspensionis et prohibitionis respective. »

ne diffère pas essentiellement des autres; jusqu'en 1610, le maître du sacré palais était chargé de publier la liste des livres condamnés, ce qu'il faisait de temps à autre. « Des Congrégations et du pape comme auteurs du décret, il n'en était fait aucune mention, alors même que le décret, non seulement émanait des Congrégations, mais était encore approuvé par le saint-père. » A partir de 1610, la Congrégation de l'Index notifie elle même ses défenses et les signe; l'intitulé porte : « *Decretum S. Congregationis Ill. S. R. E. Cardinalium a S. D. N. Paulo V Sanctaque Sede Apostolica ad Indicem etc...* » Le cardinal préfet de l'Index et le secrétaire signent la pièce, le sceau du préfet est apposé sur l'exemplaire original. Aucune mention de l'approbation par le pape. Pendant tout le XVIIe siècle, ces formalités restent invariables, et ce n'est qu'au XVIIIe que l'on voit apparaître la forme actuelle avec approbation papale.

La seule chose qui mérite attention dans la forme du décret du 5 mars relatif à Copernic, c'est qu'il renferme, outre la liste des ouvrages prohibés, une appréciation doctrinale du système de Copernic, qui y est déclaré « faux et contraire à la sainte Écriture ; » circonstance presque sans exemple et qui donne à ce document une gravité particulière. En effet, on est amené immédiatement à se poser la question : cette décision doit-elle être regardée comme purement *disciplinaire*, ou bien a-t-elle un caractère doctrinal? Le R. P. Grisar se range, avec raison, à la deuxième opinion, en constatant que beaucoup d'écrivains catholiques ont embrassé la première (1). Il établit par des arguments solides, empruntés à la sentence de 1633, à la formule d'abjuration, au rapport des censeurs, à la lettre de Bellarmin produite par Galilée devant ses juges, que la première hypothèse n'est pas soutenable. Qu'il nous suffise de rappeler que les examinateurs du *Dialogo* reprochaient à Galilée d'avoir « traité la question du mouvement de la terre comme si elle n'avait pas été décidée, et comme si l'on devait encore attendre une définition sur ce point.» Le savant jésuite confirme sa thèse par des extraits des théologiens contemporains, Tanner, Caramuel, Riccioli, etc....

On voit que le P. Grisar ne recule pas devant l'exposé complet et hardi des difficultés : « L'apologie de l'Église catholique, dit-il, n'a pas besoin de dissimulation. »

III. Il est donc inexact de prétendre, avec plusieurs écrivains catholiques, que le décret de 1616, par une exception unique, n'a pas été muni de l'approbation pontificale. Le contraire est certain, et l'absence

(1) Nous sommes assez surpris d'être placé par le savant auteur parmi ces derniers. Nous avons toujours adopté et défendu la deuxième opinion; l'ensemble de ce que nous avons écrit sur ce point le prouve clairement, quoiqu'une expression inexacte ait pu nous échapper, donnant à penser le contraire.

d'une formule qui ne fut mise en vigueur que longtemps après ne prouve rien ici. Mais cette approbation lui donne-t-elle une autorité doctrinale supérieure à celle qu'il tiendrait des Congrégations elles-mêmes, et peut-elle fournir un argument contre l'infaillibilité pontificale ? Telle est la question difficile à laquelle s'applique le R. P. Grisar : *difficile*, parce qu'elle exige une grande précision dans la portée des décrets des Congrégations, suivant qu'ils émanent d'elles seules, ou qu'ils sont approuvés par le pape, ou que celui-ci les fait siens par la manière dont il les publie. Nous nous bornons dans ce qui suit à résumer les idées du savant jésuite.

Le décret du 5 mars attribue au texte biblique une signification scientifique que ce texte, nous le savons aujourd'hui, ne comporte pas. Si les cardinaux seuls ont prononcé, l'erreur commise est sans valeur contre l'infaillibilité de l'Église ou celle du pape ; la Providence a permis ici ce qui, malgré toutes les garanties de la sagesse et de la prudence humaines, a été reconnu possible à toutes les époques : une erreur des Congrégations romaines C'est ce qu'ont admis le Card. Franzelin, Scheeben, Hurter, Palmieri, et avant eux le Card. Gotti, Cardenas, Lacroix, et d'autres théologiens faisant autorité. L'infaillibilité est une prérogative du souverain pontife qui lui est *personnelle* comme la primauté. « Aucun doute n'existe sur ce point. »

Toutefois, il est des décrets des Congrégations que le pape s'approprie et promulgue devant le monde catholique sous une forme telle, qu'il en fait des définitions *ex cathedra*. Tous les théologiens s'accordent à reconnaître le caractère de l'infaillibilité à ces décisions. Mais en ce qui concerne le décret de l'Index qui nous occupe, l'approbation qu'il a reçue de l'autorité suprême ne peut en aucune façon lui donner le caractère d'un enseignement *ex cathedra*, et il est d'autant plus nécessaire d'établir ici les vrais principes, que la solution de la difficulté a été cherchée, par Bouix entre autres, dans une théorie erronée. Les pièces authentiques, décret de 1616, sentence de 1633, etc., montrent que les papes personnellement ont cru à l'incompatibilité du système de Copernic avec l'Écriture, qu'ils ont donné leur approbation sans réserve aux résolutions que le saint-office a prises à ce sujet. Mais sont-ce là des conditions suffisantes pour qu'il y ait enseignement dogmatique du pape ? Non. Le concile du Vatican nous trace ces conditions : « *Omnium christianorum Patris et Doctoris munere fungens, pro suprema sua apostolica auctoritate doctrinam de fide vel moribus ab universa Ecclesia tenendam definit.* » Ici, le pape ne se tourne pas vers l'Église pour définir par lui-même cette contradiction supposée entre le texte des livres saints et le nouveau système du monde ; il se borne à confirmer, sans user de la plénitude de ses prérogatives, des décisions prises dans le conseil des cardinaux et dans le domaine de leur action. Bouix se figure que toute

décision de l'Index, par exemple, revêtue de l'approbation pontificale, acquiert la plus haute autorité dont les décrets du pape soient susceptibles ; il va jusqu'à voir dans l'événement de 1616 une preuve de la providence de Dieu : « On négligea de soumettre le décret à l'approbation papale. » Cette solution, acceptée par beaucoup d'apologistes, est à la fois inexacte dans les faits qu'elle suppose, puisque l'approbation ordinaire a eu lieu, et dans les principes sur lesquels elle est basée. En fait, le décret a été approuvé, et l'absence de toute mention à cet égard dans le document lui-même est, nous l'avons vu, une chose bien naturelle.

D'autre part, le R. P. Grisar s'appuie sur l'autorité des meilleurs théologiens pour maintenir que l'approbation pontificale énoncée au bas d'un décret de l'Index ne lui imprime nullement le cachet de l'infaillibilité et n'en change pas la nature. Il cite notamment le Card. Franzelin, qui donne cette doctrine comme celle des théologiens romains : « De tels décrets, rendus pour la condamnation d'une doctrine, ne deviennent pas des définitions *ex cathedra* par cela seul qu'ils ont été confirmés par la suprême autorité du pape (suprema Pontificis auctoritate). » Mais il faut distinguer ces décrets de certaines condamnations de livres émanant du pontife même, et qui ont la force de définitions pontificales ainsi que d'autres publiées par la Congrégation, non en son propre nom, mais au nom du pape.

A ces principes, on oppose que le pape, en approuvant, ne parle ni comme docteur privé, ni comme simple président d'une Congrégation; à quoi le P. Grisar répond qu'il agit bien comme pape, mais, conformément à l'opinion du Card. Franzelin, sans vouloir user de la plénitude de son pouvoir enseignant. Il réfute aussi l'objection tirée de la bulle de 1664 où le pape Alexandre VIII approuve et confirme tout ce qui se trouve dans les décrets de l'Index antérieurement publiés; cette *confirmation,* d'après le P. Grisar, ne peut être une extension et ne change pas la portée dogmatique des décrets. « Comme le décret de 1616 n'était pas un enseignement irréformable du saint-siège jusqu'à Alexandre VII, il n'a pu le devenir après lui. » Cette thèse est confirmée par un bon nombre de témoignages empruntés aux écrivains ecclésiastiques de l'époque et que nos lecteurs connaissent (1), Mersenne, Gassendi, Fromont, Riccioli, établissant que dès le XVIIe siècle on ne regardait pas la condamnation du mouvement de la terre comme une décision infaillible. Citons ce passage du jésuite Riccioli, contemporain des faits et adversaire des idées coperniciennes : « La sacrée Congrégation des cardinaux considérée à part du souverain pontife, ne fait pas des propositions de foi, même lorsqu'elle définit qu'elles sont de foi ou

(1) *Revue des questions scientifiques,* t. I, 2e livraison.

que leurs contraires sont hérétiques. C'est pourquoi, comme jusqu'ici il n'a pas paru sur ce sujet une définition du souverain pontife ou d'un concile dirigé ou approuvé par lui, jusqu'ici non plus il n'est pas de foi que le soleil se meut et que la terre est en repos, par l'autorité précisément de cette Congrégation, mais tout au plus et seulement par l'autorité de l'Écriture sainte, pour ceux à qui il est moralement évident que Dieu a révélé cette doctrine (1). »

L'auteur discute aussi le sens du mot « definire, » plusieurs fois employé dans la sentence, dans l'attestation du Card. Bellarmin, et ailleurs, à propos de la condamnation du système de Copernic; il prouve, par des citations empruntés à Cardenas et à d'autres théologiens, que ce terme est fréquemment employé dans un sens plus large que celui d'une définition *ex cathedra* (2).

IV. La conclusion du savant professeur est donc que, si même les cardinaux avaient qualifié d'*hérétique* le système de Copernic, cette décision n'eût pas été irréformable ; il nie toutefois que dans aucune pièce officielle et publique cette qualification ait été employée, mais seulement celle de « contraire à la sainte Écriture » qui, théologiquement, aurait une gravité moindre. Il pense que Bellarmin, aux yeux de qui une démonstration physique du mouvement de la terre n'était pas impossible, s'opposa à ce que le système fût taxé d' « hérétique, » et fit adopter une expression qui le frappait plutôt de la note de *témérité*.

Nous avouons, malgré les détails dans lesquels entre le P. Grisar à ce sujet, qu'il ne nous a pas convaincu. Le jugement des qualificateurs de 1616, où le terme d'*hérétique* se trouve en toutes lettres, est reproduit textuellement dans une pièce officielle et publique, la sentence de 1633. Cette même sentence ajoute : « ..... tu t'es rendu à ce saint-office véhémentement suspect d'hérésie, c'est-à-dire d'avoir cru et tenu pour vraie la doctrine fausse et contraire à la sainte Écriture qui dit que le soleil, etc... » Comment le saint-office n'aurait-il pas regardé la doctrine copernicienne comme hérétique, si celui auquel on reprochait d'y avoir adhéré était par cela même suspect d'hérésie ?

(1) « Sacra Congregatio Cardinalium seorsim sumpta a summo Pontifice non facit propositiones de Fide, etiamsi eas definiat esse de Fide aut oppositas esse hæreticas. Quare quum nondum de hac re prodierit definitio summi Pontificis aut Concilii ab eo directi vel approbati, nondum est de Fide solem moveri et terram stare vi præcise illius Congregationis; sed ad summum et solum vi Sacræ Scripturæ apud eos quibus est evidens moraliter Deum ita revelasse. » *Almagestum Novum*, t. I, p. 52.

(2) Exemple : « Le 30 août 1866, le cardinal Patrizzi écrivait, et l'épiscopat de Belgique répétait le 16 décembre que la question concernant l'enseignement du Prof. Ubaghs de Louvain était « définie, » alors qu'elle avait été seulement décidée par la Congrégation de l'Inquisition. »

Le P. Grisar résume en ces termes sa pensée sur la partie dogmatique du décret concernant le système du monde : « Ce jugement, d'après sa nature, c'est-à-dire eu égard à la source d'où il émanait, n'avait droit qu'à une certitude limitée. En aucun temps il n'a eu une portée plus étendue que celle qu'il puisait dans la manière de voir *humaine* des cardinaux, dans leur qualité de juges ecclésiastiques instruits, jugeant impartialement. Toujours il restait soumis à la possibilité d'une révocation par le saint-office et surtout par une autorité plus haute, qui avait la pleine puissance de décider infailliblement, bien qu'elle n'eût pas jugé à propos de l'exercer. »

V. Quelle situation la défense de 1616 créait-elle donc à la conscience des savants catholiques ? Le P. Grisar montre, par des citations d'autorités compétentes au point de vue scientifique et religieux (Caramuel, le P. Fabri, Auzout, etc.), qu'à toute époque, et longtemps avant que les défenses fussent levées, on a admis qu'elles pourraient l'être. Elles n'imposaient donc pas un assentiment comparable à l'acte de foi divine(Göttliches Glauben), à l' « *assensus indubius et supra omnia firmus* » d'Hurter ; l'assentiment requis était une soumission d'obéissance conforme au devoir, acceptant la doctrine proposée comme une doctrine à laquelle on pouvait se rallier en toute tranquillité et sûreté, mais non avec une certitude infaillible..... Ce n'était pas seulement une soumission *extérieure* (*reverentiale silentium*), excluant toute rébellion, mais une soumission interne, qui va au devant de la volonté des supérieurs avec une certaine « adhésion religieuse » de l'esprit (Franzelin), aussi loin qu'une volonté humble et soumise peut conduire l'assentiment intérieur. »

De là résulte l'existence d'une certaine *limite* à cette obligation d'adhérer : « Si dans l'esprit du fidèle, dit Hurter, venaient se présenter de puissantes et solides raisons, surtout des raisons théologiques, en faveur de l'opinion opposée, il lui serait permis de craindre, de douter, d'adhérer sous condition et même de suspendre son assentiment. » Palmieri parle dans le même sens, et conclut, en particulier pour le décret de 1616 qu'il cite, que l'adhésion des fidèles à cet enseignement devait être *morale* et non de foi absolue Dès le temps de Galilée, des théologiens instruits et soumis, des savants catholiques, le comprenaient de cette manière.

VI. Mais alors, comment expliquer l'*abjuration* que les juges de Galilée lui imposent en 1633? C'est ici le point vraiment délicat. Bouix n'hésite pas à affirmer qu'ils ont excédé leur droit, la doctrine de Copernic n'ayant pas été déclarée hérétique par une autorité infaillible. C'est montrer peu de connaissance des règles et des principes du saint-office ; en outre, il y a là une conséquence de l'erreur relevée plus haut sur l'autorité des décrets des Congrégations. Nous avons toujours cru que Bouix, et d'autres écrivains qui l'ont suivi, se trompaient sur ce point, et le P.

Grisar explique, avec une érudition solide, jusqu'où va leur erreur.

La vigilance des pasteurs de l'Église ne doit pas s'exercer uniquement sur ceux qui proposent des doctrines ouvertement hérétiques, mais aussi sur ceux qui défendent des opinions téméraires et suspectes. Cette vérité était admise par tous au temps de Galilée. Celui qui professait obstinément de telles opinions et résistait à l'Église était, par là même, fortement soupçonné d'être hérétique au fond du cœur; les règles de l'Inquisition prescrivaient de lui imposer une abjuration qui vînt exclure tout doute sur son orthodoxie. Ainsi, nous lisons dans la sentence de 1633 que Galilée est accusé « d'avoir cru que l'on pouvait soutenir une opinion comme vraisemblable, alors qu'elle avait été déclarée et définie contraire à la sainte Écriture. » L'abjuration imposée à Galilée ne punissait donc pas, dans la pensée de ses juges, la *violation d'un article de foi*, mais seulement l'adhésion à des doctrines erronées et suspectes.

Serrant de plus près la thèse de Bouix, le P. Grisar répète qu'à côté de l'adhésion de foi, il existe un assentiment intérieur fondé sur l'autorité, la sagesse, les lumières des princes de l'Église. En imposant à Galilée, sous serment, « avec une âme convaincue et une foi non simulée, » l'abandon du système de Copernic, les cardinaux faisaient appel à cette adhésion, mais ne demandaient pas un acte de foi proprement dite. Ce serment n'élevait pas à la hauteur d'un acte de foi divine la soumission prescrite aux décrets de l'Index, mais fortifiait *dans ses limites naturelles* la démonstration de cette soumission.

Cependant, toute difficulté n'est pas écartée. Ce devoir d'adhésion intérieure, on l'a vu, admet certaines limites. Que fût-il advenu si Galilée, possédant sur le système de Copernic une complète certitude, eût fait appel, devant ses juges, à cette évidence? Notons qu'il n'en était pas ainsi. Il a été prouvé à satiété que les preuves lui manquaient, que Galilée ne pouvait établir d'une manière solide, comme on le ferait aujourd'hui, la réalité du mouvement de la terre. Il y a plus ; on voit dans tout le cours du procès que Galilée, soit par crainte naturelle, soit par le conseil de ses amis, n'essaya nullement de défendre son système, se bornant à prétendre qu'il l'avait abandonné depuis 1616 et offrant même de le réfuter. Le savant professeur d'Innsbrück croit que s'il eût agi différemment, s'il eût loyalement et énergiquement exprimé devant ses juges qu'il avait agi sous l'empire d'une conviction irrésistible, malgré la désobéissance aux ordres de la Congrégation dont il s'était rendu coupable, il eût été traité avec plus de respect et peut-être acquitté. Nous craignons fort que l'hypothèse du R. P. Grisar ne soit un peu aventurée.

VII. L'auteur aborde ensuite l'examen de cette question : « Jusqu'à quel point, humainement parlant, l'erreur scientifique impliquée dans le décret de 1616 était-elle inévitable, étant donné l'état des connaissances

à cette époque. » Il n'a pas de peine à prouver qu'un grand nombre d'hommes compétents n'admettaient pas le système de Copernic, et il cite, à ce propos, un passage peu connu, fort intéressant, du P. Secchi sur l'insuffisance des démonstrations du mouvement de la terre, connues au temps du procès. Dans l'examen de cette question, le R. P. Grisar est amené à traiter celle-ci, qui s'y rattache : La philosophie aristotélicienne, *comme telle*, doit-elle être rendue responsable de l'opposition des savants au système du mouvement de la terre, ainsi que l'affirment beaucoup d'écrivains, même catholiques? Et il veut bien nous ranger parmi les défenseurs de cette thèse, erronée selon lui : car le savant jésuite établit sans peine que les adversaires de Galilée n'étaient pas tous des péripatéticiens, que d'ailleurs les principes de la philosophie scolastique ne s'opposent pas à ce que l'on tienne compte de l'expérience dans la constitution d'un système rationnel sur le monde physique.

Le R. P. Grisar nous permettra de lui dire que la question n'est point de savoir s'il y avait *opposition de principes* entre la philosophie d'Aristote et les découvertes de Galilée. Nous sommes le premier à reconnaître que cette philosophie fait à l'induction et à l'expérience leur part légitime ; que si Aristote et Thomas d'Aquin eussent vécu au temps de Galilée, le Florentin les eût comptés parmi ses défenseurs et non parmi ses adversaires. Jamais ces grands esprits n'eussent partagé les préjugés, accepté les réfutations extravagantes que leurs descendants moins éclairés opposaient à la vraie méthode en philosophie naturelle. Ce que nous croyons, avec les contemporains de Galilée, avec MM. Martin, de l'Épinois, Gebler et tant d'autres, ce que le R. P. Grisar admettrait comme nous s'il pénétrait plus profondément dans le mouvement scientifique du XVIIe siècle, c'est qu'un engouement excessif pour Aristote avait immobilisé la science de la nature physique. Les philosophes de cette école, plus fidèles aux défaillances du maître qu'à sa méthode, considéraient comme inébranlables les conséquences erronées qu'il avait déduites d'observations insuffisantes. Comme conséquence, non seulement toutes les nouveautés battant en brèche la physique de l'École devenaient aussitôt suspectes, mais les preuves scientifiques dont on aurait pu les appuyer n'atteignaient même plus les intelligences, subtiles mais pénétrées de fausses notions, des philosophes et des théologiens qu'il aurait fallu convaincre. Aussi n'est-ce pas seulement la théorie de Galilée, mais tout le mouvement scientifique dont nous voyons l'épanouissement, qui s'est développé contre l'opposition obstinée des esprits étroits de cette école.

Les preuves surabondent pour établir que l'abus de la philosophie péripatéticienne dans l'étude des phénomènes naturels fut pour beaucoup dans la condamnation de Galilée, en soulevant contre lui les convictions froissées, en excitant la défiance contre des doctrines qui semblaient me-

nacer la religion parce qu'elles ébranlaient des préjugés, en enracinant dans les esprits cultivés une foule d'idées erronées qui les mettaient hors d'état de sentir la justesse des raisons du Florentin. Faut-il rappeler la première dénonciation portée contre Galilée en 1615 par le P. Lorini, où il est dit que « l'on foule aux pieds *toute la philosophie d'Aristote,* dont la théologie scolastique fait un si grand usage? » Faut-il rappeler Galilée écrivant à Paolo Sarpi : « Aujourd'hui je n'ai plus de contradicteurs que les péripatéticiens, plus partisans d'Aristote que lui-même ne le serait actuellement ; et par-dessus tous ceux de Padoue, contre qui je n'espère vraiment aucun succès (1) ? » Et Bellarmin, prévenant le P. Foscarini contre le danger « *d'irriter tous les philosophes et théologiens scolastiques* (en soutenant le système du mouvement de la terre) (2) ? » Et le princ Cesi, engageant Galilée à ne pas porter sa discussion avec Caccini devant les Congrégations romaines, parce que « toute l'affaire serait perdue, à cause des circonstances et de la multitude des péripatéticiens qui, à Rome, comme Galilée le sait parfaitement, sont maîtres du terrain ; » puis, plus tard, renouvelant le conseil de parler le moins possible de Copernic « pour ne pas exciter la passion des péripatéticiens, qui sont tout puissants (3) ? » Et toute la correspondance de Mgr Dini, du Card. Conti, etc., remplie d'avertissements du même genre ?

Faut-il citer encore ces témoignages, relatifs au procès de Galilée, écrits par des savants, contemporains ou peu s'en faut, qui devaient être bien informés? « Leur haine n'a d'autre cause que la célébrité qu'il s'est acquise par des propositions étonnantes opposées à la *philosophie péripatéticienne* vulgairement reçue dans les écoles, et qu'ils ne peuvent admettre malgré les raisons solides qu'il en donne et les expériences par lesquelles il les confirme (4).» « On le soupçonnait de vouloir introduire des nouveautés dans la religion aussi bien que dans la philosophie, à cause qu'il trouvait beaucoup à redire à celle d'Aristote, que presque tout le monde suivait dans ce temps-là, comme la seule philosophie véritable, sur laquelle on avait comme enté tout ce qu'il y a de plus mystérieux dans la théologie (5).» « Je ne parlerai pas de la vénération que l'on a eue pour Aristote, quoiqu'elle aille quelquefois à tel excès, qu'il suffit d'alléguer qu'il a dit une chose, pour faire non seulement douter de ce que la raison persuade au contraire, *mais même pour le faire condamner* (6). »

(1) *Opere di Galileo Galilei*, éd., Albèri, t. VI, p. 141.

(2) Berti, *Copernico*, p. 121-123.

(3) *Opere*, t. VIII, p. 338.

(4) Elias Diodati, lettre à Bernegger.

(5) Auzout, *Lettre à l'abbé Charles*, dans les mémoires de l'Académie des sciences, t. VII, p. 55.

(6) Rohault, *Traité de Physique*, 1683.

Ce sont là des leçons de l'histoire, et, dans l'intérêt de la religion autant que de la science, il nous paraît désirable qu'elles ne soient pas perdues.

VIII. S'il est facile de comprendre l'erreur des cardinaux sous le rapport purement scientifique, puisque leurs idées sur le système de Copernic étaient celles de leurs contemporains, il est moins simple de concevoir comment ils se sont trompés *théologiquement*, en trouvant dans ce système une contradiction avec l'Écriture sainte, qui certainement n'existe pas. Le savant professeur d'Innsbrück consacre à l'examen de cette question les dernières pages de son travail. Les cardinaux sont partis de la règle du Concile de Trente qui prescrit d'observer dans l'interprétation des textes sacrés le « consentement unanime » des Pères, et ils ont cru voir que ce sentiment commun était favorable au système de Ptolémée, parce que les saints Pères, dans leurs commentaires bibliques, s'étaient servis de cette hypothèse sur laquelle reposait l'astronomie à leur époque. En réalité, ils ne s'étaient pas posé la question, et dès lors on ne pouvait dire qu'ils l'avaient tranchée dans un sens ou dans l'autre. Le système de Copernic avait été longtemps enseigné librement ; les réformateurs du XVIe siècle lui avaient fait un accueil assez disgracieux, mais les commentateurs catholiques ne l'attaquaient pas au nom de la Bible, sauf depuis quelque temps. Les règles tracées par saint Augustin et saint Thomas étaient d'ailleurs larges et claires, mais leur application à des cas particuliers pouvait offrir des difficultés sérieuses, et les circonstances du temps, principalement l'abus que les protestants avaient fait de la libre interprétation des livres sacrés pour combattre la foi, l'habitude aussi d'introduire la Bible comme autorité dans les discussions relatives aux sciences naturelles, contribuèrent à pousser les Congrégations romaines dans la voie qui aboutit aux décisions de 1616 et de 1633. Telles sont les conclusions du R. P. Grisar.

Quoique, comme on l'a vu, nous ne soyons pas d'accord avec l'auteur sur tous les points, nous considérons son travail si substantiel et si nourri comme une précieuse acquisition pour la littérature galiléenne, et nous espérons que, joint à sa première étude, il formera la base d'un ouvrage plus développé.

Nous avons peu de chose à dire des quelques pages consacrées au procès de Galilée par M. Rudolph Wolf dans son intéressante *Histoire de l'astronomie*, sur laquelle nous aurons peut-être l'occasion de revenir. Le récit des faits est généralement exact, sauf que M. Wolf, attachant une grande importance aux prétendues découvertes de M. Wohlwill sur le procès-verbal du 26 février 1616 (1), considère cette pièce

(1) Voir la *Revue* de 1877.

comme ayant joué dans le procès un rôle à la fois prépondérant et odieux. Il semble d'ailleurs que M. Wolf n'ait sur cette question de Galilée que des renseignements de seconde main. A peine fait-il mention de la grande édition des œuvres de Galilée, par E. Albèri, et quoiqu'il signale dans une *bibliographie* la publication des Actes du procès, par M. de l'Épinois, dans la *Revue des sciences* (sic) *historiques*, il s'exprime quelque part comme si ces documents officiels n'avaient pas été édités, si ce n'est incomplètement par Mgr Marini.

C'est, au reste, ce qui frappe le plus dans les innombrables publications relatives à Galilée que chaque jour voit éclore : la légèreté, et parfois l'incompétence absolue des auteurs. N'avons-nous pas vu, il y a quelques mois, dans un compte rendu donné par l'*Athenæum belge* (1er janvier 1879), M. von Gebler rangé parmi les champions de la curie romaine dans l'affaire de Galilée ? Un écrivain qui aurait seulement mis le nez dans les ouvrages de cet auteur (1), énoncerait-il cette opinion, et celui qui ne les a pas examinés peut-il se croire au courant de la question?

Ce n'est pas le manque de compétence que nous reprocherions à M. E. Wohlwill ; il paraît connaître les pièces secrètes du dossier de Galilée mieux que ceux-là même qui, au prix du plus consciencieux travail, en ont déchiffré, publié et discuté le texte. Seulement, M. Wohlwill est affligé d'une maladie spéciale : il ne voit partout que falsifications de documents. Il y a un mot suspect dans la sentence de condamnation ; cela suffit, son siège est fait, Galilée a subi la torture ; tout ce qu'on oppose en fait de documents est altéré, tout ce que les érudits recueillent sur cet éternel sujet doit être plié en confirmation de la thèse. Ni la publication intégrale du manuscrit du Vatican, par MM. de l'Épinois et Gebler, qui a tranché par la base plusieurs de ses meilleurs arguments; ni les répliques que le savant officier autrichien lui a infligées tant qu'il a su tenir une plume, n'ont découragé M. Wohlwill. Le voici de nouveau, armé de pièces fournies par M. Silvestro Gherardi, étendant peu à peu à tous les actes du procès les prétendues preuves de falsification dont nous avons déjà discuté ici la valeur. Mais vidons d'abord avec M. Wohlwill ce qui nous est personnel.

On sait que, dans cette même *Revue* (2), nous avons accusé et convaincu M. Wohlwill d'avoir cité et traduit un passage du *Sacro Arsenale*, relatif au « rigoureux examen, » de manière à faire dire au texte tout autre chose que ce qu'il signifiait. Les pièces ont été mises loyalement sous les yeux de nos lecteurs. M. Wohlwill appelle nos remarques « une curiosité ; » mais il se garde bien de reproduire ces remarques ;

(1) *Galileo Galilei und die römische Curie*, Stuttgart, 1876, in 8°. — *Die Acten des Galilei' schen Processes*, Stuttgart, 1877, in 8°.

(2) Avril 1870. p. 600.

comptant sur la confiance de son public, il indique un autre passage que celui que nous lui avons reproché, et engage les gens à recourir au *Sacro Arsenale*, livre fort rare et que nous avons eu nous-même quelque peine à trouver. Cela est cavalier. Notre réponse sera courte : nous défions M. Wohlwill de placer sous les yeux des lecteurs du *Zeitschrift für Mathematik* le texte italien du *Sacro Arsenale* avec la traduction allemande qu'il en avait donnée, et les réflexions dont nous l'avons accompagnée.

M. Wohlwill devrait bien prendre l'habitude de citer exactement. En ce qui concerne ce passage, il renvoie le lecteur qui voudrait consulter notre travail à la « *Revue catholique* de Louvain » où il n'a pas paru ; et un peu plus loin, à propos d'un autre point dont nous allons parler, attaquant nos articles « *La condamnation de Galilée et les publications récentes*, » publiés dans la *Revue des questions scientifiques* en 1877, il renvoie à la *Revue des questions historiques*, où nous n'avons jamais eu l'honneur d'écrire une ligne. Voilà les lecteurs parfaitement renseignés. Si par hasard il leur prenait fantaisie de vérifier les sottises que M. Wohlwill nous attribue, il leur serait impossible, en suivant ses indications, de mettre la main sur ce que nous avons écrit.

Il s'agit, dans ce deuxième endroit, d'un passage extrait du P. des Loix (1). M. Wohlwill prétend que, dans ce passage, les mots « *rigoroso examini subjici* » et « *torqueri faciendi* » sont tout à fait synonymes (pour le mieux faire voir, il supprime la virgule entre les deux mots), et il accumule une série d'exemples plus ou moins probants, tendant à prouver que, dans des documents officiels de la même source, il arrive souvent qu'une même chose est répétée en des termes différents. Si M. Wohlwill nous avait mieux lu ou mieux compris, il aurait vu que, dans cet endroit, notre argumentation est la contre-partie de la sienne : vous trouvez, dans tel ou tel passage, l'expression « rigoureux examen » employée au lieu du mot « torture, » et vous concluez de là que les deux termes ont nécessairement une signification identique, adéquate ; — nous trouvons, nous, dans un document où tous les mots sont pesés, les deux expressions employées l'une tout à côté de l'autre : nous en concluons tout aussi légitimement qu'elles ont une étendue différente.

Toute la question est en effet de savoir si cette formule « *rigorosum examen*, » habituellement employée pour signifier l'examen avec torture, n'a pas une élasticité suffisante pour comprendre, dans un cas donné, la simple intimidation par la menace de la torture (2). Nous avons donné

(1) V. la *Revue des questions scientifiques*, t. I, deuxième livraison : « Concedentes tibi facultatem.... eos rigoroso examini subjici, et torqueri faciendi... »

(2) Tout comme on dit d'une armée qu'elle a *perdu* mille hommes dans une bataille, en comprenant, non seulement les morts suivant le sens naturel du

en faveur de l'affirmative, des preuves qui ne nous semblent pas méprisables. L'âge et la santé de Galilée, qui limitaient pour lui l'emploi de la rigueur à la *menace* en excluant la torture, la nécessité de se conformer à un formulaire établi, enfin, suivant une observation de M. Bertrand, le désir de cacher au public l'indulgence dont on usait envers le savant, justifient largement l'emploi de ce terme ambigu dans la sentence.

Quant à tous les textes que M. Wohlwill oppose à Gebler sur le nombre des degrés dans la torture, il est assez inutile de les discuter, car ils nous semblent à côté de la question principale. Nous dirons seulement, contrairement à ce que M. Wohlwill insinue, que Julius Clarus considère de la manière la plus explicite la simple menace de la torture comme faisant partie du premier degré de celle-ci, soit qu'il en distingue cinq, soit qu'il en compte seulement trois (1). Ce passage de Clarus est absolument contre la thèse de M. Wohlwill.

Venons à l'objet propre de l'article du savant allemand.

On sait que M. Silvestro Gherardi a publié en 1870 (2) trente-deux extraits concernant le procès de Galilée, relevés par lui pendant la République romaine de 1848 sur le registre des « *Decreta*, » au palais de l'Inquisition (3), et sur une collection de copies de ces mêmes décrets, qu'il suppose avoir été réunie pour le duc de Blacas dans la première moitié de ce siècle. Parmi ces documents se trouve l'original du fameux ordre pontifical du 16 juin 1633 : « *Galilei de Galileis florentini ... proposita causa etc... Sanctissimus decrevit ipsum interrogandum esse super intentione, etiam comminata ei tortura et si sustinuerit, prev a abjuratione de vehementi in plena Congregatione etc., etc.* (3) ;» original qui, sauf un

mot, mais les hommes blessés grièvement et même, lorsqu'on a intérêt à le faire, tous les blessés.

(1) « Scias igitur quod quinque sunt gradus torturæ, scilicet, primo, *minæ de torquendo*. Secundo, conductio ad locum tormentorum. Tertio, spoliatio, etc... » « Primus (gradus) est terrere, et *hic comprehendit non solum minas de torquendo*, sed etiam conductionem ad locum tormentorum... Secundus gradus est ponere in tormentis, etc., etc. Et nota, quod licet videatur, quod *minæ de torquendo*, conductio ad locum tormentorum, spoliatio et hujusmodi non possit proprie dici species torturæ, nihilominus (secundum aliquos) *talis metus et suspicio torquendi æquiparatur torturæ.* » *Opera receptarum sententiarum omnia*, Cameraci, MDCXVI, in-fol., p. 229, col. 2.

(2) *Il processo Galileo riveduto sopra documenti di nuova fonte*, Florence, 1870, in-8°.

(3) Rappelons une fois de plus qu'il existait, dans les archives du saint-office concernant les procès, deux séries parallèles : les *Decreta*, procès-verbaux des séances de la Congrégation des cardinaux, et les *Processus*, renfermant les interrogatoires des accusés, les décisions des membres inférieurs de l'Inquisition et des copies des *decreta*.

(4) V. la *Revue*, avril, 1877.

préambule sans importance et une faute de copie (*et* pour *etiam*), coïncide exactement avec le texte du même décret, tel que MM. Pieralisi, de l'Épinois, Berti et Gebler l'ont publié d'après le dossier du Vatican, extrait lui-même des registres des *Processus*. S'il est une pièce de ce dossier dont l'intégrité ne fasse aucun doute, c'est celle-là. Le papier, l'encre, l'écriture, dont M. de l'Épinois a donné une reproduction photographique, sont bien ceux de l'époque. La main qui l'a tracée se retrouve presque à toutes les pages des pièces du procès de 1633. Rien, en un mot, aux yeux de ces habiles paléographes, n'a excité le soupçon d'une altération quelconque (1), et la conformité de ce texte avec le procès-verbal de l'interrogatoire du 21 juin (2) d'une part, avec les pièces publiées par M. Gherardi de l'autre, semblait achever de mettre son authenticité au-dessus de toute attaque. M. Wohlwill lui-même n'en avait pas contesté la valeur, tant qu'il a pu l'interpréter dans un sens favorable à sa thèse.

Mais, d'après ce qu'il nous apprend aujourd'hui, M. Gherardi aurait reconnu, lors de ses perquisitions de 1848, que les procès-verbaux des séances étaient d'abord écrits sur des feuilles volantes qui se retrouvent en assez grand nombre, présentant des variantes avec le texte définitif inscrit au registre, et renfermant même des brouillons, des projets de rédaction qui probablement étaient soumis aux cardinaux avant la clôture des séances. Un certain nombre de ces projets concernent la séance du 16 juin 1633, et s'écartent du texte que nous connaissons. La variante la plus notable est celle qui libelle le décret sous cette forme : « *smus decrevit ipsum Galileum interrogandum esse super intentione, et* (etiam) *comminata ei tortura, et si attamen sustinuerit vel perstiterit...* (ici deux lignes raturées et illisibles) *si demum destiterit, previa abjuratione de vehementi*, etc... »

Nous faisons grâce au lecteur de toutes les réflexions et inductions de M. Wohlwill. Voici sa conclusion : Ces deux lignes, raturées à une époque relativement récente pour cacher une décision honteuse, auraient renfermé l'ordre d'appliquer la torture à Galilée s'il persistait dans ses dénégations au sujet de l'*intention*. On observera sans doute que le texte officiel publié en 1870 par M. Gherardi est seul en cause, puisqu'il est le texte définitif. Mais M. Gherardi affirme aujourd'hui, d'après de nouvelles recherches, que ce texte officiel présente une rédaction identique à la précédente, si ce n'est que les mots « *si demum destiterit, atta-*

(1) Dans la *Revue des quest. hist.* de juillet 1879, M. de l'Épinois rappelle que M. Léopold Delisle, dont on connaît la haute compétence, mis en présence du cliché de ce document, n'y a trouvé quoique ce soit qui pût, au point de vue paléographique, en faire suspecter l'origine et l'authenticité.

(2) V. la *Revue*, avril, 1877.

men » et « *si perstiterit* » ont été raturés aussi. Voilà donc tous les soupçons confirmés.

Nous confessons que cette histoire nous paraît assez suspecte. Ceux qui ont vu la première publication de M. Gherardi savent à quel point elle respire, à chaque ligne, une haine furieuse contre l'Inquisition. Il n'y a pas une phrase, un mot des textes publiés qui ne soit l'occasion des plus violentes accusations, pas un indice défavorable à l'humanité ou à l'honnêteté des juges qui ne soit commenté, exploité. Dans cette même pièce du 16 juin, M. Gherardi a soigneusement relevé quelques mots raturés (1). Et l'on vient aujourd'hui nous conter, neuf ans après, que, dans le passage le plus scabreux et le plus discuté du document, deux lignes barrées, tout ce qu'on peut imaginer de plus propre à soulever le soupçon d'une falsification, auraient passé inaperçues ou que M. Gherardi n'aurait pas jugé à propos de les signaler ! On veut nous persuader que ces extraits, qu'il déclarait alors « au-dessus de tout doute fondé concernant leur authenticité, » et mis à l'abri par leur nature « des altérations, soustractions et contrefaçons que l'on peut supposer avoir été effectuées par la cour romaine sur les actes mêmes du procès (2), » que ces documents ont été aussi remaniés par les mains des faussaires !

Mais allons plus loin. Nous admettons ces feuilles volantes, ces variantes au texte officiel, ces projets ou brouillons écrits d'avance pour la Congrégation. Qui ne trouvera là une preuve de l'intégrité des documents officiels ? Est-ce que des faussaires, assez habiles pour tromper un paléographe comme M. de l'Épinois, auraient été assez stupides pour laisser traîner, dans les registres mêmes où s'exerçait leur coupable industrie, ces preuves accablantes de leurs falsifications ? N'était-il pas bien plus simple et plus sûr de reconstituer un dossier nouveau et de faire disparaître toute trace de l'ancien ?

D'ailleurs, ce texte porte avec lui la marque de son authenticité. Là où Gherardi écrit « *et comminata ei tortura* » il faut, comme M. Pieralisi l'a montré et comme tous l'ont admis après lui, lire « *etiam*, » sinon la phrase est incompréhensible et la construction vicieuse. Or, le sens du mot *etiam*, d'accord d'ailleurs avec la procédure inquisitoriale contre les vieillards et les infirmes, exclut l'application effective de la torture.

(1) Librum... *publice cremandum fore.*

(2) « La speciale derivazione o fonte de' nostri documenti... ne salva da ogni ragionevole fondato dubbio l'autenticità : ove sperare trovarne di più sicura, in materia, che nei registri, nelle carte proprie originali custodite nella sede stessa della suprema Inquisizione... Non avranno pensato mai di fare, sulle medesime carte, quelle alterazioni, sottrazioni, contraffazzioni, che si può sospettare sulle carte del corpo del processo. »

Que signifierait là « *si demum destiterit ?* » Un aveu d'intention criminelle ? Mais alors la condamnation eût été tout autre ; au lieu que, toujours suivant les règles inquisitoriales, l'accusé auquel la torture ne pouvait arracher un aveu était supposé innocent et simplement soumis à l'abjuration, destinée à mettre hors de doute sa fidélité à l'enseignement catholique. Enfin, restent toujours la copie du décret figurant dans les *Processus* et le procès-verbal de l'interrogatoire du 21 juin, deux documents en parfait accord entre eux et avec le texte primitif de M. Gherardi, absolument opposés à l'interprétation actuelle de M. Wohlwill ; mais tout cela, pour M. Wohlwill, n'est que pièces fausses ; quant aux preuves, nous les avons déjà pesées, MM. Gebler, Berti, Wolynski n'en font que rire : c'est une série d'hypothèses échafaudées les unes sur les autres.

Mais ce n'est pas encore tout. Il y a ce résumé du procès, en langue italienne, qui se trouve tout au bout du manuscrit du Vatican (fol. 559), et qui reproduit exactement le même sens que les autres pièces sur l'ordre pontifical du 16 juin (1). Cette pièce est authentique et sa date est connue : intercalée entre une lettre de l'inquisiteur de Florence en 1734, demandant des instructions au sujet d'un tombeau que l'on veut élever en l'honneur de Galilée, et la réponse de la Congrégation, ce résumé est visiblement une note rédigée en 1734 d'après les archives pour éclairer le jugement des membres du saint-office sur cette question. — Pièce fausse ! dit M. Wohlwill, introduite récemment dans le dossier pour appuyer les autres falsifications. — Et quelles raisons en donne-t-il ? 1° La note est rédigée en *italien*, et cette traduction en italien, pour des cardinaux, de documents officiels écrits en latin est invraisemblable ; comme si, dans le même recueil des actes du procès, ne se trouvaient pas une foule de pièces de correspondance et autres rédigées dans la même langue ! 2° Il y est dit que Galilée fut « *inquisito* » au saint-office *de Florence*, à cause des propositions etc..., appelé à Rome et mis en prison. D'après notre auteur, c'est là une *erreur* inexplicable chez des gens qui auraient eu les pièces sous les yeux. Mais il est parfaitement vrai que le procès de 1633 commença à Florence, que c'est là que Galilée fut cité pour la première fois devant l'inquisiteur au sujet de son *Dialogo*. Et puis, est-ce qu'une inexactitude légère dans un résumé aussi succinct, et sur un point secondaire, a jamais fait suspecter l'authenticité d'un document dont le caractère est d'ailleurs si nettement déterminé ?

Au reste, en fait d'indices de falsifications, M. Wohlwill a une mé-

(1) «... propostasi la causa avante il Papa li 16 Giugno 1633, la Santità sua decreto, che il detto Galileo s'interrogasse sopra l'intenzione, *anche con comminargli la tortura*, e sostenendo, ecc... »

thode à lui. Nous avons parlé plus haut de cette signature mal assurée, apposée par Galilée au bas du procès-verbal du 21 juin. D'après MM. Berti et Gebler, cette signature offre la ressemblance la plus indéniable avec les autres, écrites de sa main, qui figurent sur les autres interrogatoires : il est donc bien naturel, disent-ils, d'attribuer la différence, le défaut de fermeté, à un tremblement, résultant de l'émotion produite par la menace de la torture. — Pas du tout, répond M. Wohlwill; puisque cette signature ressemble à celle de Galilée, c'est qu'on a essayé d'imiter l'écriture du vieillard. — Mais, observe M. von Gebler, la main d'un faussaire n'aurait pas tremblé en écrivant ce nom. — « A notre avis, répond M. Wohlwill, le faussaire aura pensé comme Gebler qu'une émotion capable de faire trembler la main était assez justifiée par la situation, et il l'aura reproduite artificiellement. »

Ainsi, voilà une pièce ; vous y découvrez tel caractère d'authenticité ? Eh bien, pour moi, c'est une preuve de falsification, parce que le faussaire qui a pu confectionner cette pièce aura certainement pensé à y introduire ce caractère d'authenticité pour tromper les connaisseurs !

Et ainsi du reste. Autant dire une bonne fois que tous les documents sur lesquels, depuis dix ans, s'appuie l'histoire du procès de Galilée, sont faux, et refaire cette histoire avec l'imagination toute seule.

PH. GILBERT.

II

MANUEL BIBLIQUE, ou Cours d'Écriture sainte à l'usage des Séminaires. — Ancien Testament, par F. Vigouroux, prêtre de S. Sulpice. Tome Ier (Introduction générale. Pentateuque). — Paris, A. Roger et F. Chernoviz, éditeurs. 1880, in-12.

Les lecteurs de cette Revue n'ont assurément pas oublié la remarquable étude de M. l'abbé Vigouroux sur la *Cosmogonie biblique d'après les Pères de l'Eglise* (1). Nous sommes encore, pour notre part, sous l'impression de cet exposé lumineux, irréfutable, qui ouvre à bien des esprits des horizons tout nouveaux. Oui, — les adversaires du catholicisme ne pourront plus le nier, — quand nous interprétons le premier chapitre de la Genèse à l'aide des lumières que nous fournit la science humaine, nous ne faisons que nous conformer aux principes posés par les Pères de l'Église. Ne sont-ils pas, en effet, unanimes à proclamer qu'il faut se

(1) *Revue des questions scientifiques*, avril et juillet 1879.

servir de la raison, de la science, pour interpréter la cosmogonie mosaïque? Ou, pour parler d'une façon plus générale, leurs diverses écoles, les Cappadociens comme les Alexandrins, ne font-ils pas profession de la plus haute estime pour la science humaine, et ne l'appellent-ils pas maintes fois à leur secours pour expliquer la parole de Dieu? On se souvient des paroles enthousiastes de S. Grégoire de Nazianze, citées par M. Vigouroux. « Le premier des biens, s'écrie ce Père, c'est la science; et je n'entends pas seulement la nôtre, cette noble science qui dédaigne les ornements et la pompe du langage pour ne s'attacher qu'au salut et à la beauté des biens spirituels; je parle aussi de la science profane, que tant de chrétiens, bien aveugles sans doute, rejettent comme pleine d'écueils et de dangers, comme éloignant de Dieu. Faut-il mépriser le ciel, la terre, l'air, parce qu'ils ont reçu un culte criminel d'hommes qui, au lieu de Dieu, adoraient l'œuvre de Dieu ?... Ne méprisons pas la science parce qu'elle déplaît à quelques-uns, et regardons ses ennemis comme des gens grossiers et des ignorants. Ils voudraient que tout le monde leur ressemblât pour cacher leur ignorance dans celle des autres... N'avoir que les mœurs ou la science toute seule, c'est n'avoir qu'un œil. Mais ceux qui brillent dans les deux à la fois, ceux-là sont les parfaits et, dès ici-bas, jouissent de la béatitude de l'autre vie (1). »

Avec leur suprême bon sens, les Pères de l'Eglise sentaient, du reste, qu'il n'y avait pas seulement pour les chrétiens une honte dans ce mépris affecté à l'égard de la science humaine; ils y voyaient de plus un véritable danger pour la religion, compromise par des hommes d'exagération toujours prêts à invoquer hors de propos l'autorité de nos livres saints. Telle était notamment la doctrine de S. Augustin (2).

Au moyen âge la tradition de cet enseignement est vivante dans les écrits de S. Thomas d'Aquin. Ce grand et large esprit signale, lui aussi, avec énergie le mal qu'on peut faire en voulant trancher dogmatiquement les questions qui ne sont pas du ressort des théologiens. « Il est très funeste, dit-il, quand on parle de choses qui n'intéressent pas en réalité la religion, de les affirmer ou les nier comme si nos doctrines saintes y étaient intéressées. » Et le saint docteur cite les paroles suivantes de S. Augustin : « Quand j'entends un chrétien qui se méprend au sujet des mouvements des astres, je supporte ses opinions ; car je ne vois pas qu'il lui soit funeste d'ignorer les positions et les mouvements habituels des créatures corporelles; mais ses erreurs deviennent nuisibles, s'il pense qu'elles font partie intégrante de la doctrine de la religion,

(1) S. Gregor. Naz., *Oratio* XLIII, 10, 12.

(2) Voir, par exemple, l'admirable passage cité par M. de la Vallée Poussin, dans son travail sur la *Certitude en géologie*. (*Revue des questions scientifiques*, janvier 1879, p. 8-9.)

et s'il ose affirmer obstinément ce qu'il ignore.... C'est une honte, c'est une chose extrêmement pernicieuse qu'un chrétien, prétendant parler au nom des Lettres chrétiennes, déraisonne sur ces matières devant un infidèle, qui peut à peine s'empêcher d'éclater de rire; nous devons faire les plus grands efforts pour prévenir ce malheur. Ce qui est le plus fâcheux, ce n'est pas qu'on voie les aberrations de notre frère ; *mais c'est que les hommes étrangers à notre foi croient nos auteurs sacrés complices de ces erreurs; c'est que nos livres sacrés soient critiqués et méprisés, comme entachés d'ignorance, au grand détriment des âmes dont le salut nous occupe* (1).»

Si, à une époque où les sciences de la nature étaient encore au berceau, les Pères de l'Église et les docteurs du moyen âge ont posé ces principes, combien n'y insisteraient-ils pas aujourd'hui? Aussi croyons-nous rendre un véritable service aux âmes altérées de vérité en reproduisant ici les considérations si frappantes et trop peu connues que présentait naguère un des hommes de notre temps qui ont le mieux étudié ces questions, le P. de Valroger. Ces considérations, d'ailleurs, sont comme une introduction à l'excellent *Manuel biblique* de M. l'abbé Vigouroux, que nous avons à examiner. « La Bible, dit le regrettable Oratorien (2), a été inspirée pour servir à l'instruction religieuse de l'humanité, et non pour satisfaire la curiosité des géologues, des paléontologistes, des orientalistes, des égyptologues, etc. Elle n'enseigne ni le mépris de la science, ni l'indifférence pour les études scientifiques; mais la Providence ne l'a point destinée à diriger l'esprit humain dans le dédale des sciences naturelles et historiques. Nulle part ce livre sacré n'a émis

(1) Multum nocet talia quæ non spectant ad pietatis doctrinam vel asserere vel negare quasi pertinentia ad sacram doctrinam. Dicit enim Augustinus in V. Confess. c. 5: « Cum audio Christianum aliquem ista (scilicet quæ philosophi de cœlo aut stellis et de solis et lunæ motibus dixerunt) nescientem, et aliud pro alio sentientem, patienter intueor opinantem hominem : nec illi obesse video, cum de te, Domine creator omnium nostrûm, non credat indigna, si forte situs et habitus creaturæ corporalis ignoret; obest autem si hæc ad ipsam pietatis doctrinam pertinere arbitretur et pertinacius affirmare audeat quod ignorat. » Quod autem obsit, manifestat Augustinus in I super Genesim ad litteram (cap. 19) : « *Turpe est*, inquit, *nimis et periculosum, ac maxime cavendum*, ut Christianum de his rebus, quasi secundum Christianas litteras loquentem, ita delirare quilibet infidelis audiat, ut, quemadmodum dicitur, toto cœlo errare conspiciens risum tenere vix possit. Et non tam molestum est quod errans homo videatur, sed quod auctores nostri ab eis qui foris sunt, talia sensisse credantur, et cum magno eorum exitio de quorum salute satagimus, tamquam indocti reprehendantur atque respuantur. » S. Thomas, *Opusculum* X, edit. Rom. (IX, edit. Parm.)

(2) *Pensées inédites du P. de Valroger*, à la suite de la seconde édition de ses *Études sur le rationalisme contemporain* (Paris, 1878), p. 444, *seq.*

la prétention d'être un résumé de physique, d'astronomie, de géologie, de minéralogie, de zoologie, d'ethnographie, de chronologie ou de géographie ancienne, — pas plus qu'il ne se donne pour un manuel encyclopédique des sciences abstraites ou même des sciences pratiques (médecine, jurisprudence, politique, économie financière, etc.). La Révélation, qui a fourni les données *surnaturelles* contenues dans ce livre sacré, n'avait point pour but de diriger méthodiquement l'activité naturelle de la raison humaine, mais de prémunir les hommes contre le polythéisme, le dualisme, le panthéisme et les influences corruptrices de l'idolâtrie, en attestant les vérités dogmatiques et morales nécessaires au salut éternel des âmes (1).

» Sans doute la Bible, en maint endroit, a touché vaguement, dans un langage populaire, plus ou moins poétique et oriental, un grand nombre de questions physiques et métaphysiques; les faits de l'histoire sacrée y sont liés aussi à l'histoire profane. Mais, nulle part, aucun livre de l'Ancien ou du Nouveau Testament n'a traité, d'une manière scientifique, les problèmes spéciaux qui préoccupent les physiciens, les astronomes, les géologues, les naturalistes, les chronologistes, les archéologues, les géographes et autres classes de savants.

» La vraie théologie ne peut pas contredire les vérités constatées par les sciences profanes, qui, de leur côté, ne peuvent être incompatibles avec la vraie théologie..... La Bible et la nature sont deux livres écrits par Dieu et destinés à nous instruire, sous des formes diverses, pour des fins diverses, et sur des objets en grande partie différents, mais leurs leçons ne peuvent jamais se contredire. L'exégèse des théologiens et celle des naturalistes peuvent être en désaccord ; mais les textes des deux livres sont toujours conciliables, malgré les dissensions de leurs commentateurs. Ouvrage du même Dieu, qui ne peut ni se tromper, ni nous tromper, la Bible et la nature sont également véridiques, mais nous pouvons nous tromper en interprétant leur langage.

» Nous possédons, il est vrai, un commentaire infaillible des textes

(1) Les idées exprimées ici par le P. de Valroger ne sont nullement une concession aux tendances rationalistes de notre siècle. Nous les trouvons, nettement formulées, dans un livre qui formait la base de l'enseignement dans les écoles théologiques du moyen âge, les *Sentences* de Pierre Lombard. Voici ce passage (lib. II, dist. 23) : « L'homme n'a point perdu par le péché cette science (des choses naturelles), pas plus que celle par laquelle il pourvoit aux nécessités de la vie; aussi n'est-ce pas là-dessus que l'Écriture se propose de l'instruire, mais bien au sujet de la science de l'âme, que le péché lui a fait perdre. » (*Hanc scientiam homo peccando non perdidit, nec illam qua carnis necessaria providerentur. Et idcirco in scriptura homo de hujusmodi non eruditur, sed de scientia animæ, quam peccando amisit.*)

sacrés dans la tradition de l'Église catholique et dans ses décisions ; mais ce commentaire n'a point fixé, d'une manière précise et péremptoire, le sens et la portée de tous les textes bibliques; le consentement des Pères, qui doit aussi nous servir de règle pour l'interprétation des Écritures, n'existe point sur une multitude innombrable de questions destituées d'importance religieuse. En ce qui importe à la foi et aux mœurs, nécessaires pour le salut éternel des âmes, le sens de la Bible est certain et lumineux pour un catholique. Mais, en ce qui concerne l'astronomie, la géologie, la zoologie, l'ethnographie, la linguistique, l'archéologie, la chronologie, la géographie, la métaphysique, la logique, l'économie politique et même les questions théologiques qui n'importent pas au salut, l'Écriture et l'Église se prononcent très peu et laissent un champ immense aux libres discussions et aux libres recherches des savants.

» La cause des livres saints, des traditions catholiques et des enseignements infaillibles de l'Église, ne doit jamais être confondue avec les opinions incertaines des exégètes, des critiques, des chronologistes et des théologiens, même les plus illustres.... Saint Augustin disait parfaitement : « Celui qui objecte l'autorité biblique à une raison certaine, « ne sait pas ce qu'il fait : ce n'est pas le sens de l'Écriture (qu'il n'a « pas su pénétrer), c'est son propre sens qu'il objecte à la vérité; il n'op- « pose pas ce qu'il a trouvé réellement dans nos saints livres, mais ce « qu'il a imaginé et faussement attribué aux textes sacrés (1). »

Nous ne pouvons nous lasser de transcrire ces pages empreintes d'une raison si ferme et si haute. On nous permettra de citer encore.

» L'examen comparé des saintes Écritures et des découvertes scientifiques a fait, depuis un siècle, des progrès imprévus et presque continuels. S'il reste encore bien des points obscurs, l'analogie autorise à espérer qu'ils seront éclaircis tôt ou tard par les progrès de la science.

» Contester des faits certains de l'ordre physique ou de l'histoire humaine, parce qu'ils *semblent* opposés à la Révélation, — ou leur donner une explication forcée pour les concilier avec la Bible, — c'est montrer aussi peu de foi que d'intelligence, c'est mal servir les intérêts de la religion, qui ne peuvent être contraires à aucune vérité. Les faits inscrits par la main de Dieu dans la nature visible ne peuvent pas plus contredire la Bible que l'Ancien Testament ne peut contredire le Nouveau.

» La théologie ne peut être la reine des sciences, si elle s'isole par orgueil, paresse ou lâcheté. A quoi lui servirait de conserver en droit sa dignité royale, si cette dignité n'était reconnue par aucun sujet? Pour

(1) Si manifestissimæ certæque rationi velut sacrarum litterarum objicitur auctoritas, non intelligit qui hoc facit, et non scripturæ sensum, ad quem penetrare non potuit, sed suum potius objicit veritati ; nec id quod in ea, sed id quod in se ipso velut pro ea invenit, opponit (*Epist. VIII ad Marcellin.*).

diriger les hommes, il faut s'intéresser à ce qui les intéresse, savoir ce qu'ils savent ou se montrer au moins disposé à s'en faire instruire. Quand un théologien dédaigne des sciences qu'il ignore, quand il les déclare incertaines ou stériles, comment peut-il se faire écouter avec confiance par les hommes qui croient à ces sciences, ou même consacrent la meilleure part de leur temps à les étudier, à les enseigner, à les appliquer? C'est donc, pour le prêtre, un devoir sacré de travailler au moins à se rendre un compte exact du rapport très complexe de la religion avec les sciences profanes. Il ne suffit pas d'annoncer la parole de Dieu à des auditeurs fidèles et de distribuer les sacrements aux âmes avides de leur salut; il faut pouvoir, dans l'occasion, dissiper les doutes qu'éveillent parfois, chez les chrétiens même pieux et dociles, les objections dirigées contre la foi catholique, au nom de telle ou telle science. Un prêtre, sans doute, n'est pas tenu de connaître toutes les découvertes des sciences historiques, philologiques, géographiques, ethnographiques, tous les progrès de la chimie, de la physique, de la géologie, de l'histoire naturelle; mais il doit travailler au moins, dans la mesure de ses forces, à se faire des idées justes sur la situation respective des sciences profanes vis-à-vis de la Bible et de l'Église.

» Demeurer étranger au mouvement scientifique serait être infidèle à l'esprit du catholicisme. Nos dogmes, sans doute, ne peuvent être modifiés par aucune découverte; mais l'Église a toujours obligé ses théologiens à explorer la partie des sciences profanes qui avoisinent ses frontières, pour rattacher à la religion les vérités de l'ordre naturel et pour combattre les erreurs nuisibles. Loin de professer une dédaigneuse indifférence pour les travaux des penseurs neutres ou hostiles, les Pères et les scolastiques ont donné, dans leur enseignement, une très grande place à l'examen de ces travaux. Leur éclectisme a même été parfois si indulgent, qu'on les a souvent accusés d'un enthousiasme exagéré pour les maîtres de la science païenne, spécialement pour Platon et pour Aristote. Ils se sont plus appliqués à la philosophie qu'aux sciences naturelles, historiques et critiques. Cela devait être. Ces sciences, dont le développement est moderne, étaient moins influentes, et leur évolution normale n'était pas encore possible. Si l'étude scientifique de l'histoire et de la nature eût occupé les esprits comme elle les occupe maintenant, les Pères de l'Église et les théologiens du moyen âge auraient donné à cette étude l'attention sympathique, souvent même enthousiaste, qu'ils donnèrent aux spéculations de Platon et d'Aristote. Nous ne ferons que les imiter, en suivant l'esprit humain dans les régions nouvelles où il s'enfonce, et en nous appliquant à discerner les résultats certains de ses recherches sur les questions qui se rapportent aux objets de la science sacrée.

» Ce serait bien mal profiter des leçons et des exemples de nos grands

maîtres du IVe siècle, du XIIIe et du XVIIe, que de borner notre ambition à répéter ce qu'ils ont dit, à penser ce qu'ils ont pensé. Pour nous montrer dignes de leur glorieux héritage, nous devons faire ce qu'ils feraient aujourd'hui ; nous devons prendre chaque science au point où elle est parvenue maintenant, et non à celui où ils durent la laisser; nous devons voir le monde tel qu'il est autour de nous, non tel qu'il fut autour d'eux; nous devons être de notre temps, comme ils furent de leur temps.... »

Ces règles tracées d'une main si sûre par le P. de Valroger, nous en voyons l'application dans le nouvel ouvrage de M. l'abbé Vigouroux. *Ni téméraire, ni pusillanime !* ces mots, dans lesquels le P. de Valroger aimait à montrer tout un programme, pourraient servir de devise au *Manuel biblique*, uniquement inspiré par l'amour de la vérité et le désir de la faire connaître.

Nous ne pouvons naturellement considérer ici sous toutes ses faces cet important travail. C'est au seul point de vue des relations entre la Bible et les sciences proprement dites que nous devons l'étudier. Il nous faut donc laisser de côté toute cette partie du sujet où les découvertes historiques et philologiques modernes viennent apporter leur tribut à l'interprétation, à la confirmation des récits bibliques. Le *Manuel*, d'ailleurs, obligé de se restreindre dans les limites d'un livre d'enseignement, n'a guère fait qu'indiquer cet ordre de questions, traitées d'une manière si intéressante dans l'ouvrage déjà célèbre *la Bible et les découvertes modernes en Palestine, en Égypte et en Assyrie* (1).

Il nous faut aussi passer rapidement sur l' « introduction générale » dans laquelle M. Vigouroux traite successivement de l'inspiration, du Canon de l'Ancien et du Nouveau Testament, du texte et des versions de la Bible, des règles d'interprétation de la sainte Écriture, de l'histoire de l'exégèse chez les Juifs et chez les chrétiens. Plus d'un d'entre nous — sans parler des rationalistes, — aura beaucoup à apprendre dans cette introduction : on attribue si souvent à l'Église, par exemple quant à l'étendue de l'inspiration des livres sacrés, quant à l'autorité de la Vulgate en regard des textes originaux, des enseignements étroits qui ne sont nullement les siens ! Conformément au sentiment général des théologiens et par des arguments très forts, M. Vigouroux rejette la doctrine qui attribue aux écrivains sacrés une inspiration *verbale*, entendue dans le sens d'une révélation ou d'une dictée à eux faite par Dieu des mots qu'ils emploient. De même il montre, par des témoignages irrécusables, que, dans l'intention de l'Église, l'antique traduction latine dite *Vulgate* ne doit nullement supplanter les originaux hébreu et grec.

(1) La seconde édition de ce livre de M. Vigouroux a paru, en trois volumes, au commencement de 1879.

« Jamais, dit le cardinal Pallavicini dans son *Histoire du Concile de Trente* (liv. VI, chap. XVII), le Concile n'eut dessein de placer la Vulgate au-dessus du texte hébreu et du texte grec, ou d'empêcher les écrivains de recourir à ces textes, quand ils le jugeraient à propos, pour avoir une plus complète intelligence de l'Écriture. » On peut, en effet, tirer des textes originaux, hébreu ou grec, des arguments qui reposent sur les mots mêmes dont s'est servi l'auteur sacré et dont la force est perdue ou du moins grandement amoindrie dans une traduction. Dans tous les passages où la Bible a l'occasion de toucher à quelque question qui n'a pas trait à une vérité dogmatique, mais à un point appartenant plus spécialement au domaine scientifique, géographique, historique, etc., il est même indispensable de recourir au texte original et d'en bien peser les expressions : autrement on risquerait, dans des questions, il est vrai, secondaires, de défigurer la pensée de l'auteur sacré. Ainsi en est-il, par exemple, de l'expression *firmamentum*, par laquelle la Vulgate traduit, au premier chapitre de la Genèse, un mot hébreu qui signifie en réalité « étendue, ce qui est étendu » et n'implique nullement l'idée d'un corps solide, *firmum*, ainsi qu'on l'a conclu à tort, avant notre temps, de l'expression de la Vulgate (1). Ainsi encore, l'expression *unicornis*, par laquelle la Vulgate désigne certain animal mentionné dans la Bible, ne peut qu'induire en erreur sur la classification zoologique de cet animal ; qu'on se reporte au mot hébreu, *re'êm*; qu'on le rapproche du mot identique, *rîmu*, employé dans les inscriptions assyriennes, et des représentations graphiques qui accompagnent ces inscriptions, et l'on découvre que le prétendu *unicornis* n'est autre qu'une sorte de bœuf sauvage, de buffle (2).

C'est dans son étude sur le Pentateuque (p.259-538) que M. Vigou-

(1) Alors même que le texte original aurait employé une expression usuelle correspondant pour le sens à *firmamentum*, on n'aurait pas encore le droit de conclure qu'il enseignerait que le ciel est un corps solide. M. Vigouroux fait remarquer avec raison (p. 46) qu'il serait absurde de rechercher des doctrines bibliques dans l'étymologie des mots employés par les auteurs sacrés.

(2) Le mot *unicornis*, dans les cinq passages où la Vulgate l'emploie (Ps. XXI, 22; XXVIII, 6; LXXVII, 69; XCI, 11; Is. XXXIV, 7), correspond toujours à l'hébreu *re'êm*. Mais, ce qui montre bien à quel point on aurait tort, dans des questions de cette nature, de s'en rapporter uniquement aux traductions, c'est que, dans cette même Vulgate, *re'êm* est rendu, dans plusieurs autres passages, non plus par *unicornis*, mais par *rhinoceros:* ainsi, dans *Job* (XXXIX, 9 et 10) ; de même dans les *Nombres* (XXIII, 22) et dans le *Deutéronome* (XXXVIII, 17). Dans la pensée du traducteur, *unicornis* était peut-être équivalent à *rhinoceros*; mais la plupart des lecteurs de la Vulgate y ont vu deux animaux distincts, dont ni l'un ni l'autre, répétons-le, n'est celui dont parlent les auteurs sacrés, puisque l'expression *re'êm* signifie en réalité « buffle. »

roux se trouve amené à examiner en détail les rapports entre la Bible et les sciences. La question de la cosmogonie biblique ayant déjà été traitée dans cette Revue (1), nous ne ferons qu'un petit nombre de remarques. Voici d'abord une réflexion très frappante de M. Vigouroux au sujet des « jours » de la création : « On ne peut exprimer, en hébreu, l'idée d'époque ou de période que par le mot *yôm* (jour), parce qu'il n'en existe pas d'autre en cette langue pour rendre cette idée. Ce fait, généralement ignoré, mérite d'être pris en sérieuse considération. La répugnance du plus grand nombre à admettre les jours-époques provient de ce que l'on fait notre mot « jour » absolument identique au mot *yôm*, ce qui n'est pas. Nous avons un mot « jour » distinct du mot « époque ; » il n'y a qu'une seule et même expression en hébreu pour ces deux significations. »

M. Vigouroux, qui cite à plusieurs reprises l'*Histoire de la création* d'un géologue allemand bien connu, M. Friedrich Pfaff, professeur à l'Université d'Erlangen (2), emprunte à ce savant cette conclusion, très nettement formulée : « Si nous comparons les données scientifiques avec l'histoire biblique de la création, dit M. Pfaff, nous voyons que cette dernière concorde avec ces données autant qu'on est en droit de l'attendre. Nous découvrons, en effet, ici et là, les mêmes règnes, également distincts en eux-mêmes, abstraction faite des variations historiques qu'ils ont pu subir ; la suite chronologique de leur apparition est exactement donnée par Moïse. Le chaos primitif, la terre couverte d'abord par les eaux, émergeant ensuite ; la formation du règne inorganique suivie du règne végétal, puis du règne animal, qui a pour premiers représentants les animaux vivant dans l'eau, et, après eux, les animaux terrestres ; l'homme apparaissant enfin le dernier de tous ; telles sont bien les diverses périodes de la création, périodes désignées sous le nom de jours. »

A quelle époque ces grands événements se sont-ils passés ? La Bible est muette sur ce point. Elle nous laisse par conséquent la liberté d'accepter l'opinion scientifique qui nous paraît la plus vraisemblable sur la date de l'origine du monde. « Il est admis aujourd'hui par la presque unanimité des interprètes, dit M. Vigouroux, que Moïse ne nous dit rien sur l'espace de temps qui s'est écoulé entre la création primitive (de la matière) et la production de la lumière au premier jour génésiaque. Nous ignorons donc quelle en a été la durée, et il nous est impossible

(1) Voir notamment l'intéressant travail signé « Jean d'Estienne » et intitulé *Comment s'est formé l'univers* (avril, juillet, octobre 1877). — M. Vigouroux y renvoie.

(2) *Schœpfungsgeschichte mit besonderer Berücksichtigung des biblischen Schœpfungsberichtes*, 2te Auflage (Francfort-sur-le-Mein, 1877).

de savoir, d'après le texte sacré, quelle est la date de la création du monde; cette question est également insoluble, soit que l'on admette les jours-époques, soit que l'on défende les jours de vingt-quatre heures. Nous en sommes réduits là-dessus à nous en rapporter aux savants. »

Ce qui étonnera bien des gens, c'est que la date de la création de l'homme, elle non plus, n'est nullement indiquée d'une façon précise, indiscutable, par la Bible. Il y a plus d'un siècle et demi, en 1738, Des Vignoles, dans sa *Chronologie de l'histoire sainte*, comptait déjà plus de deux cents systèmes chronologiques, tous bâtis sur des données empruntées à la Bible et variant, pour la date de la création de l'homme, de l'an 3483 avant J. C., à l'an 6984, — trente-cinq siècles de différence !

Pour supputer exactement, en effet, les temps à partir de la création de l'homme, à l'aide des tableaux des générations des patriarches, — seuls éléments de calcul que la Bible présente avant Abraham, — il faudrait d'abord posséder les vrais chiffres écrits par les auteurs sacrés ; ensuite avoir des listes généalogiques complètes, c'est-à-dire sans lacunes. Or, dit M. Vigouroux, « nous n'avons aucun moyen efficace et infaillible de savoir quels ont été les chiffres primitifs de la Genèse (pour les générations des patriarches) ; car tous les textes anciens que nous possédons sont en complet désaccord entre eux. Rien ne s'altère dans les manuscrits aussi facilement que les chiffres, parce que le sens de la phrase ne permet pas au copiste de discerner quel est le véritable signe qu'il doit lire dans l'original, quand cet original est mal écrit ; aussi, tous les chiffres qu'on rencontre dans les copies diverses des auteurs anciens, quels qu'ils soient, sont plus ou moins contradictoires. Dieu n'a pas voulu faire un miracle pour garantir de toute altération les dates du texte sacré. Elles n'intéressent ni le dogme, ni la morale, et il a jugé dans sa sagesse qu'il n'y avait aucun inconvénient à ce que nous restions dans l'ignorance sur la véritable chronologie. Il n'a pas voulu nous apprendre dans les Évangiles si le ministère public de Notre-Seigneur avait duré un, deux, trois ou quatre ans et plus, et l'on peut apporter des raisons qui ne sont pas sans force en faveur de chacune de ces opinions ; il n'a pas pensé non plus nécessaire que nous sachions le nombre exact d'années qui s'est écoulé depuis la chute d'Adam, jusqu'à la venue du Rédempteur. »

Non seulement on ignore quels sont les vrais chiffres primitifs des listes généalogiques de la Bible, mais même il est impossible d'affirmer que ces listes soient complètes. Dans deux listes qu'il nous est possible de contrôler, il manque des anneaux intermédiaires. Ainsi, dans la généalogie des patriarches post-diluviens, la Vulgate et le texte hébreu actuel omettent, entre Arphaxad et Salé, un Caïnan, que mentionnent les Septante et la généalogie de Notre-Seigneur selon saint Luc. De

même, la généalogie du Sauveur selon saint Mathieu supprime, entre les rois de Juda Joram et Ozias, trois rois des plus connus, Ochozias, Joas et Amasias, ce qui ne l'empêche pas d'employer la formule *Joram autem* GENUIT *Oziam;* preuve certaine que cette expression *genuit* est prise dans un sens très large, comme le terme consacré dans les généalogies, qu'il s'agisse d'une génération immédiate ou médiate (1). Aussi comprend-on que notre éminent et regretté collaborateur, le P. Bellynck, S. J., n'ait pas hésité à écrire ce qui suit : « Il n'y a pas de chronologie dans la Bible (avant Abraham). Les généalogies de nos Livres saints, dont on a déduit des séries de dates, présentent parfois des lacunes. Combien manque-t-il d'anneaux à cette chaîne interrompue? On ne saurait le dire. *Il est donc permis à la science de reculer le déluge d'autant de siècles qu'elle le trouvera nécessaire* (2). » Longtemps avant le P. Bellynck, un des plus illustres savants de ce siècle, Sylvestre de Sacy, exprimait la même opinion. « Sylvestre de Sacy était, à coup sûr, dit le P. de Valroger 3), un excellent juge des questions qui nous occupent. Nul homme de notre temps ne l'a égalé dans l'étude comparée des langues et des littératures sémitiques. D'autant plus convaincu du caractère divin de la Bible qu'il la connaissait mieux et connaissait mieux aussi l'histoire profane, il ne pensait pas qu'on dût s'inquiéter pour la défense de la chronologie biblique. Et l'une des raisons qu'il donnait, dit-on, pour rassurer les chrétiens troublés à ce sujet, c'est *qu'il n'y a pas de chronologie biblique* (pour les époques primitives). »

Obligé de nous borner, nous ne pouvons qu'indiquer sommairement les sujets que M. Vigouroux aborde à propos de la création en général et de la création de l'homme en particulier. A l'aide des arguments fournis par les sciences modernes, il réfute notamment les erreurs de ceux qui prétendent que la vie s'est dégagée de la matière par ce qu'on appelle génération spontanée, et que les êtres supérieurs sont sortis des êtres inférieurs par une série d'évolutions et de transformations nécessaires. Ici, — disons-le en passant, — les progrès des sciences ont rendu un grand service à la vérité en ruinant jusque dans ses derniers fon-

(1) M. Vigouroux croit, avec beaucoup d'exégètes, que, si S. Mathieu a omis plusieurs personnages dans sa généalogie de Notre-Seigneur, ç'a été afin d'avoir trois séries de quatorze noms chacune, d'Abraham à David, de David à la captivité de Babylone, de la captivité à la naissance de Jésus Christ. De même, dit-il, « les générations patriarchales antérieures à Abraham ont pu être reduites symétriquement, par un procédé mnémotechnique du même genre, à dix générations antédiluviennes et dix générations postdiluviennes. »

(2) *Études religieuses, historiques et littéraires, par des Pères de la Compagnie de Jésus,* avril 1868, p. 578.

(3) *L'âge du monde et de l'homme,* p. 66-67.

dements les théories d'Aristote, acceptées au moyen âge, sur lesquelles les systèmes que nous venons de mentionner pouvaient s'échafauder.

Suit la réfutation spéciale des transformistes qui donnent à l'homme le singe pour ancêtre ; puis une étude sur l'unité de l'espèce humaine ; une autre sur les systèmes qui exagèrent d'une manière parfois fantastique l'antiquité de l'homme.

M. Vigouroux consacre au déluge un assez long et fort intéressant chapitre. D'accord avec le P. Pianciani (1) et avec d'autres théologiens modernes, il entend l'universalité du cataclysme rapporté par la Genèse dans ce sens restreint que les eaux inondèrent seulement la terre *habitée;* autrement dit, que le déluge a été universel par rapport à l'humanité. M. Vigouroux cite plusieurs textes de la Bible d'où il résulte que, dans le langage oriental de l'Écriture, les mots *toute la terre, tous les peuples,* sont loin d'avoir un sens absolu et s'appliquent parfois uniquement aux pays, aux peuples connus des Hébreux. Déjà, au XVIIe siècle, en 1685, Mabillon avait démontré qu'il est permis d'entendre ainsi l'universalité du déluge, et la Congrégation de l'Index s'était rangée à son avis. « La sainte Écriture, dit fort bien l'exégète allemand F. Delitzsch, n'a point à s'occuper de l'universalité du déluge comme tel, mais seulement de l'universalité du déluge comme châtiment contre l'ancien monde. Les saints Livres ne disent qu'une seule chose : c'est que, à part une famille, tout le genre humain, avec tous les animaux de son voisinage, fut anéanti sur la terre. »

On est allé plus loin dans le sens restrictif : on s'est demandé si le déluge avait été universel, même quant à l'humanité ; en d'autres termes, si tous les hommes descendent de Noé. Un savant géologue, très bon catholique, d'Omalius d'Halloy, a exprimé l'opinion contraire dans un discours prononcé, en 1866, à la classe des sciences de l'Académie royale de Belgique : il fait remonter à l'époque antédiluvienne certaines branches des races mongolique et éthiopienne. Avant de formuler cette thèse en public, d'Omalius l'avait soumise au P. Bellynck. C'est ce dernier qui nous l'apprend, et voici ce qu'il en dit : « M. d'Omalius croit que le livre de Moïse, après avoir tracé le récit de la création, prend ensuite un caractère spécial, qui est de faire l'histoire du peuple que Dieu s'était choisi ; de sorte que le déluge dont il est fait mention dans la Genèse pourrait n'avoir atteint que les peuples connus des Hébreux. Pour ce qui est des expressions bibliques qui indiquent une *universalité,* il pense qu'on peut n'y voir que quelque chose d'étendu, et il cite des exemples de locutions analogues. Notre intention n'est pas de prendre la défense de cette hypothèse qui ne nous semble pas nécessaire dans

(1) *Cosmogonia naturale comparata col Genesi,* dans la *Civiltà cattolica* de 1862.

l'état actuel de la science, mais nous ne voudrions pas non plus censurer ceux qui croient qu'un jour peut-être elle pourrait prévaloir (1). » Bien que M. Vigouroux n'admette pas l'opinion de d'Omalius, reproduite dernièrement par un professeur de la faculté de théologie catholique de Wurzbourg, le Dr A. Scholz (2), il n'a pas cru, et avec raison, pouvoir se dispenser de citer les paroles du P. Bellynck. Il ne faut pas perdre de vue, du reste, que, d'après le P. Bellynck lui-même, l'hypothèse de d'Omalius ne paraît pas nécessaire : c'est ce que fait également observer le P. Delsaulx, S. J., dans son remarquable ouvrage *Les derniers écrits philosophiques de M. Tyndall* (3) : « Pour répondre à la difficulté soulevée par d'Omalius d'Halloy (au sujet des différences présentées actuellement par les diverses races humaines et dont certaines n'auraient pu se produire depuis le déluge), il n'est pas nécessaire, ce me semble, de détourner le récit de la Genèse de son sens propre et littéral. Personne ne niera que le dogme du péché originel, défini par le Concile de Trente, ne donne à la certitude de la descendance *adamique* du genre humain un caractère absolu que n'a pas celle de sa descendance *noémique;* mais tout le monde avouera également qu'il est beaucoup plus naturel d'étendre les bases de la chronologie biblique,— en voyant avec M. Chabas (le célèbre égyptologue), « dans l'histoire très « sommaire des patriarches et du déluge, un souvenir des tribus pri- « mitives personnifiées dans quelques individualités, » conformément au génie des Hébreux,— que de renverser une croyance dont aucun fait n'est venu jusqu'ici ébranler les fondements. »

Notons-le bien, avant de quitter cette question : l'Église n'a rien défini sur ce point d'interprétation, pas plus que sur une infinité d'autres. On est étonné de voir combien elle s'est montrée tolérante à l'égard d'opinions parfois plus que bizarres. M. Vigouroux, dans cette Revue même, nous a fait connaître l'allégorisme étrange d'Origène et de l'école Alexandrine (4) ; il y revient encore dans son *Manuel*, à propos du récit de la chute du premier homme, dans les détails duquel les Alexandrins voyaient une simple allégorie, et il cite à ce sujet un passage de Mgr Freppel, dans ses célèbres leçons sur les Pères, professées à la Sorbonne. « Certes, dit Mgr Freppel, Origène n'excédait pas son droit en voulant expliquer dans le sens allégorique le récit de la Genèse touchant la formation de la femme et le rôle du serpent tentateur. ..

(1) *Études religieuses*, avril 1868, p. 578.

(2) *Die Keilschrift-Urkunden und die Genesis*, 1877, p. 71. (Faisant partie de la série de brochures *Katholische Studien*, publiée par l'éditeur Woerl à Wurzbourg).

(3) Paris, 1877, p. 41.

(4) *La Cosmogonie biblique d'après les Pères de l'Église*, liv. d'avril 1879.

L'opinion d'Origène, reprise plus tard par le cardinal Cajétan (1), quelque hardie qu'elle puisse paraître, est restée néanmoins à l'abri de toute censure ecclésiastique. Si donc l'auteur du *Traité contre Celse* avait restreint son système de défense aux premiers chapitres de la Genèse, qui sont en effet pleins de mystères, nous n'aurions pas de grands reproches à lui adresser (2). »

La *Table ethnographique*, contenue dans le xe chapitre de la Genèse, fournit à M. Vigouroux l'occasion de très utiles réflexions qu'il emprunte à la *Civiltà cattolica*. « Moïse, en exposant la filiation des peuples, dit la *Civiltà* (3), se borne à une seule des grandes races humaines, à celle qui tient indubitablement le premier rang et l'emporte sur toutes les autres, c'est-à-dire la race blanche ; il ne dit rien des trois races inférieures, la jaune, la rouge et la noire, qui sont pourtant une partie de l'espèce humaine; mais nous ne devons pas nous en étonner, parce que, comme nous l'avons fait remarquer, le but de Moïse ne fut pas de décrire l'origine de tous les peuples qui composent l'humanité, mais seulement de ceux que connaissait le peuple hébreu ou qu'il lui importait le plus de connaître. De ce nombre furent naturellement exclus ceux de l'extrême Orient asiatique, comme les Chinois, les Mongols, etc. (race jaune); ceux de l'Amérique inconnue (race rouge) et ceux du Grand Océan, Papouans, Mélanésiens, etc. (race négro-océanique) : les Hébreux ne les connaissaient nullement, et ils n'avaient nul besoin de les connaître. Quant aux nègres de l'Afrique intérieure, les Hébreux, qui avaient demeuré en Égypte, savaient certainement qui ils étaient ; car les Pharaons, dès avant Moïse, dans leurs guerres fréquentes contre les Africains, avaient la coutume de ramener de nombreux nègres faits prisonniers dans les villes égyptiennes, où ils étaient réduits en esclavage : on peut les voir encore, sur les monuments de l'Égypte, représentés et peints avec tous les traits caractéristiques du type nègre (4) ; on les rencontre souvent

(1) Le cardinal Cajétan, Thomas de Vio (1470-1534) était, malgré ses excentricités, un théologien de grand mérite. S. S. Léon XIII, qui le cite dans sa dernière Encyclique, a exprimé, dans sa lettre du 19 octobre 1879 au cardinal de Luca, l'intention de faire réimprimer ses commentaires sur saint Thomas : « Conjunctim vero edendas curabimus clarissimorum ejus interpretum, ut Thomæ de Vio cardinalis Cajetani et Ferrariensis, lucubrationes per quas, tanquam per uberes rivulos, tanti viri doctrina decurrit. »

(2) *Origène*, par Mgr Freppel, leçon xxxie, t. II, 1868, p 292-293.

(3) Livr. du 15 février 1879.

(4) « Voir, entre autres, les descriptions des hypogées de Thèbes, données par Champollion, Rosellini et Lepsius. Quelques-unes des représentations appartiennent au temps de Ramsès Méjiamoun ou Sésostris le Grand, troisième roi de la xviiie dynastie, sous lequel naquit Moïse.» (Note de la *Civiltà*.)

mentionnés dans les papyrus et les inscriptions, sous le nom de *Nahsi* ou de *Nahasi* que leur donnaient les Égyptiens. Moïse ne parle point d'eux, peut-être parce qu'ils avaient toujours été et qu'ils devaient toujours rester à l'avenir complètement étrangers à l'histoire du peuple hébreu. »

D'où viennent les peuples qui ne sont pas mentionnés dans la *Table ethnographique* de la Genèse? La Bible, nous dit encore la *Civiltà*, n'empêche nullement d'admettre que quelques-unes des familles nées de Sem, Cham et Japhet (dont le texte sacré, du reste, n'indique pas d'une manière complète les enfants), « se soient séparées du tronc commun dans le temps, au moins de un à quatre siècles, selon les interprètes, qui s'écoula entre le déluge et la tour de Babel, avant la dispersion générale amenée par la confusion des langues. Ces familles purent donner naissance à de nombreuses peuplades qui, en se propageant dans un isolement complet des autres, prirent une physionomie tout à fait propre et demeurèrent comme séparées de l'histoire du reste des hommes. Moïse n'avait pas à parler de ces premières familles, si l'on part de cette idée qu'il ne s'était proposé de décrire, dans le dixième chapitre de la Genèse, que la filiation des peuples qui, après avoir vécu ensemble dans la plaine de Sennaar, jusqu'à l'événement de Babel, se dispersèrent de là dans le monde. »

Ces dernières considérations de la *Civiltà* nous donnent la réponse à cette question, généralement fort inexactement résolue : Tous les descendants de Noé étaient-ils rassemblés dans la plaine de Sennaar au moment de la construction de la tour de Babel? D'accord avec le beau travail du P. Delattre, S. J., sur le *Plan de la Genèse* (1), la *Civiltà*, comme on voit, ne croit nullement nécessaire de répondre affirmativement : le contexte et l'ensemble du récit de la Genèse paraissent même, d'après les arguments du P. Delattre, favoriser l'interprétation contraire.

Quant à la question de savoir si la langue parlée par les hommes qui construisirent la tour de Babel était la langue primitive, et si, comme on se l'est imaginé longtemps, la langue primitive était la même que la langue hébraïque, M. Vigouroux, qui est un linguiste distingué, ne pouvait naturellement que répondre par la négative. Mais il nous apprend un détail qui nous a fait grand plaisir. Déjà, au IVe siècle, un Père de l'Église, saint Grégoire de Nysse, déclarait sans hésitation que l'hébreu n'était qu'une des langues qui s'étaient formées depuis la tour de Babel (2). Ce même Père était d'avis que la confusion des langues s'était

(1) *Revue des questions historiques*, juillet 1876, p. 33.

(2) « Moses, multis sæculis post turris ædificationem natus, una ex posterioribus lingua usus est. » (*Contra Eunomium*, l. XII, pars altera. Migne, Patr., gr., t. XLV, col. 995.)

produite, non point d'une façon subite et instantanée, mais d'une façon lente et progressive (1).

Cet examen fort incomplet d'une partie du *Manuel biblique* peut donner une idée de l'intérêt du livre. Écrit spécialement pour l'enseignement des séminaires, l'ouvrage de M. Vigouroux rendra également aux laïques instruits les plus grands services. A l'époque où nous vivons, tout chrétien peut être appelé, en bien des circonstances, à remplir le rôle d'apologiste. Il importe que nous n'allions pas compromettre l'Église par notre ignorance et nos exagérations, créant, comme on l'a fait trop souvent, des dogmes de notre propre autorité, et dressant en travers du chemin qui mène à Dieu des barrières de fantaisie. Il n'importe pas moins que nous connaissions les réponses que la véritable science oppose aux objections des incrédules.

EMMANUEL COSQUIN.

III

GUIDE DU FORESTIER, par A. BOUQUET DE LA GRYE, ancien élève de l'École forestière, conservateur des forêts, membre de la société centrale d'agriculture. 2 vol. in-18 de 302 et IX-280 p. Paris, J. Rotschild.

Le livre que nous voudrions présenter aujourd'hui aux lecteurs de la *Revue des questions scientifiques*, à ceux du moins qu'intéressent les questions de sylviculture pratique et d'art forestier usuel, n'est pas précisément une nouveauté puisqu'il en est à sa septième édition. Et cependant le *Guide du forestier* est beaucoup moins connu qu'il ne mériterait de l'être. A l'inverse de certains ouvrages dont le titre promet plus qu'il ne tient, celui-ci a le défaut contraire : son titre n'indique pas tout ce que le livre contient. — Il semblerait qu'il ne s'agit ici que d'un modeste *vade-mecum* ou, pour employer la locution vulgaire, d'un simple *guide-âne* à remettre par le propriétaire à son garde, sans que le premier eût d'ailleurs grand' chose à y apprendre. C'est là une pure illusion. Ce petit livre a une portée beaucoup plus grande, car il renferme, dans leurs données essentielles et dans leurs applications pratiques et habituelles, la culture et la gestion des bois tout entières.

Le *Guide du forestier* comprend deux parties, — deux volumes, — bien distinctes : les *Éléments de sylviculture*, c'est le tome premier, et la *Surveillance des forêts*, c'est le tome second.

(1) *Ibid.*

I. Occupons-nous d'abord du premier ;

Les Milieux — Physiologie — Sylviculture — Annexes, voilà les titres des quatre grandes divisions de ce premier volume.

Les Milieux au sein desquels vit et évolue le règne végétal, ce sont la terre, l'air et l'eau distribués autour de notre planète. La forme, les dimensions de celle-ci, le mode de formation de ses couches superficielles, sa configuration orographique et les conséquences climatériques qui en découlent ont, sur les phénomènes de la vie, une influence qu'il ne faut pas ignorer : c'est pourquoi un chapitre initial, sous ce titre : *Le globe terrestre*, est consacré à expliquer, en termes clairs, élémentaires, à la portée des plus simples, ces données générales de la physique du globe. Plus importante encore est la connaissance de la composition de l'atmosphère, car c'est là que les végétaux puisent la très majeure partie des éléments dont ils sont formés et tout particulièrement le carbone qu'ils s'assimilent en décomposant l'acide carbonique de l'air pour lui prendre son carbone et lui rendre son oxygène. Il est donc nécessaire de posséder des notions générales sur la composition de l'air atmosphérique, sur les propriétés de chacun de ses éléments ; de là un chapitre sur l'*Atmosphère*. L'eau n'a pas un moindre rôle que l'air dans la vie organique puisque, sous une forme ou sous une autre, elle entre dans la proportion approximative de 80 pour cent dans les corps organisés les plus durs; elle est d'ailleurs le véhicule qui entraîne dans le circuit de la végétation les sels minéraux nécessaires à son fonctionnement. Il fallait donc consacrer quelques pages à décrire les phénomènes et les éléments d'ordre chimique et d'ordre physique dont se compose le rôle de l'*Eau* dans la nature. Enfin le *Sol*, c'est-à-dire la terre végétale, est à la fois le support, le siège et le point de départ de toute végétation : il résulte de la désagrégation des différentes roches composant l'écorce solide du globe, et du mélange, avec ces débris, des résidus déco nposés de la végétation, autrement dit de l'humus. Des notions générales sur les différentes natures de sol comme sur l'influence résultant pour lui de l'état boisé ou du défrichement, sont, on le comprend, indispensables au sylviculteur. — Qu'on ne s'étonne ni ne s'effraye d'ailleurs de voir aborder tant de notions scientifiques dans un manuel élémentaire : ces quatre chapitres sur le *globe terrestre*, l'*atmosphère*, l'*eau* et le *sol*, écrits avec une lucidité à la portée d'un enfant de douze ans, n'occupent guère plus d'une trentaine de pages.

Après les milieux, la Physiologie, et tel est le titre de la seconde division. Il s'agit seulement, comme de raison, de physiologie *végétale*, aquelle est la base, le fondement de toute sylviculture, et toute la physiologie végétale se résume dans ces deux grandes fonctions organi-

ques : *nutrition*, *reproduction*. Le premier de ces deux ordres de phénomènes commence avec la germination, se poursuit par le développement graduel de la jeune tigelle en racines, en boutons qui deviendront des bourgeons et s'épanouiront en feuilles, en feuilles qui se transformeront en organes floraux, en rameaux et tiges qui feront à la longue un grand arbre de ce gemmule herbacé à peine visible à sa sortie de terre. L'assimilation du carbone sous l'action de la lumière ; la formation des divers liquides séveux, des tissus herbacé, ligneux, médullaire, cortical ; les lois générales de l'accroissement, de l'arrivée à maturité, du déclin et de la mort des arbres, voilà les principales et importantes notions qui sont traitées dans le chapitre relatif aux phénomènes de nutrition. Quelques figures intercalées dans le texte en facilitent l'intelligence. Elles deviennent plus nombreuses dans le chapitre qui a pour sujet la reproduction ; leur objet est la représentation des fleurs et parties de fleurs, fruits et graines des principaux arbres de nos forêts, pour expliquer comment s'opère la fécondation des ovules par le pollen échappé des anthères, et comment la fleur devient un fruit ou une graine qui, mise après maturité en contact avec la terre, produira avec le concours du temps, du sol, de l'humidité, de l'air et de la lumière, un arbre pareil à celui dont fruit ou graine sont sortis. Le mode accessoire de reproduction du plus grand nombre de nos essences forestières par les rejets de la souche après abattage de l'arbre, est nécessairement décrit dans le même chapitre.

En possession de ces connaissances préliminaires mais essentielles, on peut aborder l'étude de la Sylviculture proprement dite. Cette division comprend, en outre des données intrinsèques de la science, telles que traitement des forêts en *Taillis* et en *Futaie*, *Repeuplements* des vides, des clairières et des massifs pauvres en essences précieuses, des notions d'un ordre secondaire, mais néanmoins d'une grande importance, pour le bon entretien et la bonne administration d'une forêt : il y a les *Travaux divers* comprenant le creusement et le curage des fossés d'assainissement ou écoulement des eaux, de clôture, de bords de routes, l'encaissement des sources, la consolidation des ravins, etc., etc. ; la taille, l'émondage et l'élagage des arbres réservés lors de l'exploitation de chaque coupe ; enfin l'entretien de la viabilité, cet élément essentiel de la bonne gestion et du bon rapport d'une forêt. Ce sont là des travaux au jour le jour ou à l'année, et qui se font au fur et à mesure des besoins. Il y a ensuite l'application pratique par laquelle se mettent en œuvre les principes mêmes de la science sylvicole, autrement dit, les *Opérations des coupes :* Assiette de la coupe de l'année et détermination de sa contenance au moyen d'un levé ou arpentage qui se termine par l'ouverture d'une tranchée ou filet pour séparer cette coupe du surplus du bois ; Martelage, c'est-à-dire désignation, à l'aide de l'empreinte d'un marteau,

des arbres à réserver si ceux-ci sont les moins nombreux comme dans les taillis, ou au contraire des arbres à livrer à l'exploitation ainsi qu'il arrive souvent dans les coupes de futaie pleine; estimation ou détermination du volume du matériel à livrer à l'exploitation, de la valeur des diverses natures de produits ou marchandises dont il se compose et évaluation des frais d'abattage, façon et transport à déduire de cette valeur brute, pour arriver à connaître la valeur nette de la coupe à mettre en vente; enfin Récolement, c'est-à-dire vérification, après l'opération terminée, de la manière dont la coupe a été effectuée pour s'assurer que les limites n'ont pas été dépassées, que l'exploitation s'est faite conformément au cahier des charges et que les arbres réservés ont été respectés. — Des indications détaillées sur les *Dégâts des animaux* dans les forêts complètent cette division de l'ouvrage qui concerne la sylviculture proprement dite. La plupart des animaux causent du dégât dans les bois, quoique cependant quelques-uns produisent l'effet opposé en pourchassant ou détruisant les premiers. Ceux-ci comprennent d'abord les bestiaux de toute espèce, puis le gibier de poil proprement dit, la bête fauve, les oiseaux de proie diurne et enfin les insectes : il y a, dans ce chapitre, avec figures à l'appui, une infinité de notions nécessairement très sommaires, mais suffisantes pour l'application pratique habituelle. — Nous n'avons fait que mentionner par leurs titres les chapitres intitulés *Taillis* et *Futaie*, et ce sont les plus importants ; c'est que, précisément en raison de leur importance, ils se prêtent moins que les autres à l'analyse ; nous ne pouvons donc que renvoyer sur ce point nos lecteurs à l'ouvrage lui-même.

Avec les six chapitres relatifs à la *Sylviculture* proprement dite ne se termine pas la première partie, le premier volume du *Guide du forestier*. Nous avons annoncé plus haut des Annexes. Elles sont au nombre de deux. La première consiste dans une *Table de cubage*, succincte sans doute, mais très commode pour obtenir de suite le volume des tiges abattues, comprises entre 1 décimètre et 4 mètres de circonférence au milieu, pour des longueurs de 2 en 2 décimètres au-dessous de 1 mètre, et de mètre en mètre jusqu'à 25 mètres : les cubes sont ceux du volume en grume ou volume réel, avec indication des facteurs de conversion pour passer de ce volume réel aux volumes au quart, au cinquième ou au sixième. La seconde annexe, qui rentre tout à fait dans la sylviculture proprement dite, consiste dans vingt et une monographies, avec dessins à l'appui, de nos principales essences forestières : chênes rouvre et pédonculé, hêtre, charme, orme, frêne, érable, bouleau, tilleul, peuplier, marsault pour les arbres feuillus, et pour les résineux ou conifères : sapin, épicea, mélèze, pins sylvestre, mugho, maritime et laricio.

Ce premier volume du *Guide* est à mettre entre les mains de tout garde intelligent, de tout régisseur ou gérant de propriétés forestières,

qu'il s'agisse de forêts régies par l'administration publique ou de propriétés particulières. Mais il serait à étudier à fond par tout propriétaire de bois assez soucieux de ses intérêts pour ne s'en rapporter qu'à lui-même de la gestion des forêts qu'il possède, et pour vouloir diriger et contrôler de près ses gardes et régisseurs, les stimulant dans la voie des améliorations et du progrès tout en leur prouvant par ses propres connaissances qu'il est juge et appréciateur compétent de leurs services.

II. La *Surveillance des forêts*, — tel est le titre du second volume — a été écrite à un point de vue un peu plus spécial. Bien qu'elle soit conçue en vue de donner les règles d'une surveillance efficace dans toutes les forêts, quelle que soit d'ailleurs la nature de leur propriétaire, elle prend pour base et pour type la surveillance des forêts de l'État, des communes et des établissements publics en France, autrement dit des bois soumis au régime forestier. Ce second volume n'en est pas moins d'une très grande utilité pour enseigner au propriétaire privé, quelles sont les traditions consacrées par l'expérience pour obtenir une surveillance réelle et fructueuse dans les bois qui lui appartiennent. L'analyse qui va suivre en fournira peut-être la preuve.

La *Surveillance* comprend dix chapitres et un *Appendice*.

En premier lieu, exposé des règles générales de police administrative et judiciaire en matière de bois et forêts, d'après la législation française.

Ensuite explication très détaillée et très complète de toutes les espèces de délits qui se peuvent commettre dans les bois, avec les circonstances aggravantes, et la procédure à suivre pour arriver à leur constatation légale.

Les délits forestiers proprement dits, au moins ceux de quelqu'importance, sont devenus relativement très rares depuis une vingtaine d'années, si ce n'est en matière de chasse et nous en parlerons tout à l'heure à ce point de vue. Mais il est un ordre de choses où, plus que partout ailleurs, une surveillance éclairée et active est d'une grande importance : l'exploitation des coupes de bois. Il faut être forestier pour se faire une idée exacte de l'influence capitale d'une bonne ou d'une mauvaise exploitation pour l'avenir d'une forêt : ce peut en être la ruine ou la régénération !

Quant aux questions de chasse elles ont leur importance au point de vue voluptuaire de la propriété, et la surveillance sous ce rapport y doit être d'autant plus vigilante que, par tous pays, le braconnier est incorrigible et a toujours mille ruses pour déjouer la surveillance la plus attentive.

Les chapitres V, VII, VIII, relatifs aux *citations et significations*, à

la situation faite aux *préposés* (brigadiers et gardes) de l'administration forestière française, au service de ces fonctionnaires en tant que dépendant de cette administration, et enfin aux écoles de gardes et aux examens qu'ils sont appelés à y subir, ont moins d'intérêt pour les personnes privées.

Mais le chapitre VI qui décrit les procédés de direction et surveillance des travaux, les délivrances de menus produits et les modes d'adjudication des coupes, peut fournir à chacun d'utiles exemples et de bonnes indications. Le chapitre II, qui concerne les gardes particuliers et les garde-ventes, intéresse tout spécialement au contraire les propriétaires de bois non soumis au régime forestier ; on y trouve l'exposé de la procédure à suivre pour faire nommer et assermenter un garde, de tout ce à quoi s'étendent la compétence, les attributions extra-judiciaires, la qualité de cet agent, de la valeur légale de ses procès-verbaux et enfin de l'instruction professionnelle qui devrait toujours être celle des gardes particuliers bien qu'elle ne le soit presque jamais.

Nous avons dit que le second volume du *Guide du forestier* se clôt par un *Appendice*. Cet appendice se compose de trente et une formules de procès-verbaux de délit, de réquisition, délivrances de menus produits, nomination de garde particulier, calepin d'attachement, d'acte de vente d'une coupe de taillis, etc., et enfin d'un tableau de réduction aux mesures métriques des différentes mesures de longueur, — surface, volume des bois de feu, solidité des bois d'œuvre, sciages divers, débits, — employées par le commerce des bois.

On peut voir que cette seconde partie, ce second volume est plutôt du domaine du contentieux administratif et extra-judiciaire que du domaine scientifique. Mais en matière forestière ces deux domaines se coudoient et se compénètrent sans cesse, ainsi qu'il arrive du reste de toute science appliquée dont la mise en œuvre place des intérêts différents ou opposés en contact les uns avec les autres. L'art forestier qui, dans ses complets développements, comprend aussi par certains de leurs côtés des notions de droit et de jurisprudence assez étendues, n'en reste pas moins un art avant tout et essentiellement scientifique ; et comme il forme un tout homogène et complet qu'on ne saurait facilement diviser, nous avons dû, en analysant un *guide pratique du forestier*, faire la part aussi bien au côté contentieux qu'au côté scientifique du livre.

Ch. de Kirwan.

IV

J. Barrande. — Système silurien du centre de la Bohême. Vol. V, Texte, Pl. 1 à 71, et Pl. 72 à 155. Prague et Paris. 1879. — *Brachiopodes*. Études locales. Prague et Paris. 1879.

Encore deux volumes in-quarto apportés par M. Barrande à son grand ouvrage sur les terrains siluriens de la Bohême. Après avoir contemplé, on sait avec quelle ampleur et quelle conscience, la faune des trilobites et la faune des céphalopodes, il aborde le monde des brachiopodes. Ces brachiopodes constituent la classe d'êtres organisés avec laquelle le géologue praticien a le plus souvent affaire quand il explore les terrains paléozoïques. Car s'il en est autrement pour certaines couches fossilifères de toute première antiquité, comme à la période primordiale, ils pullulent généralement dans les gisements de date postérieure ; et en Bohême comme ailleurs, M. Barrande remarque que les brachiopodes se distinguent « par l'abondance, souvent extraordinaire, des spécimens représentant une même espèce. »

Mais la Bohême se distingue encore ici par le nombre des espèces et par la conservation relative de beaucoup d'échantillons. En consultant le *Thesaurus siluricus* publié il y a dix ans par M. John Bigsby, je vois que la Bohême l'emportait alors sur toutes les régions siluriennes du monde, le New-York étant seul excepté, pour le chiffre des espèces reconnues de brachiopodes (1). M. Bigsby signalait alors 322 espèces de brachiopodes siluriens de Bohême contre 393 espèces provenant des terrains du New-York. Aujourd'hui M. Barrande signale et représente dans ses planches 640 espèces de brachiopodes du bassin de Prague. Le progrès est frappant. Si l'on songe qu'en 1840, à l'époque où le grand paléontologue commença ses travaux sur les terrains anciens de la Bohême, il n'avait été décrit que *deux* espèces de brachiopodes de cette provenance, on se formera une idée juste de l'activité qu'on a mise à déchiffrer les archives primitives du globe dans cette région restreinte.

En examinant les deux atlas volumineux consacrés par M. Barrande à la reproduction des brachiopodes de la Bohême, on admire tout d'abord la perfection de ces dessins, et en particulier les planches qui furent l'œuvre de feu Joseph Fetters de Prague. Les brachiopodes ont été figurés avec talent par beaucoup d'artistes habiles dans les publications paléontologiques allemandes, anglaises ou françaises, mais nous n'en

(1) *Op. cit.*, p. 126 bis

avons pas vu qui dépassent ou même qui atteignent pour le fini d'exécution quelques-unes des planches de Fetters. Un autre point qui attire immédiatement l'attention, c'est l'intégrité qu'offrent dans leur contour extérieur, la plupart des échantillons figurés. Car on ne peut douter ici que la gravure reproduise exactement les spécimens ; il suffit pour s'en convaincre de lire la critique sévère de M. Barrande dans les débats relatifs aux rapprochements d'espèces, et où il est amené à compulser, à défaut des exemplaires eux-mêmes, les ouvrages étrangers où ceux-ci sont dessinés. Quand on discute les planches d'autrui avec cette rigueur de détail, on est assuré des siennes. M. Barrande déclare d'ailleurs que si la structure interne de la plupart de ses brachiopodes est invisible par suite de leur remplissage en calcaire dur ou spathique, par contre l'extérieur des coquilles, pour le plus grand nombre des espèces, présente un bon état de conservation et s'extrait facilement de la roche. D'un autre côté, la multiplicité des spécimens a rendu possible d'établir, dans beaucoup de types spécifiques, des séries fort étendues où l'on peut étudier en même temps que les connexions des individus les particularités qui les distinguent et constituent les variétés.

Dans le texte qui précède le premier des deux volumes récemment publiés, l'auteur disserte sur la portée de la variabilité d'après quelques espèces choisies parmi les brachiopodes siluriens. Il considère tour à tour certains types dont les uns sont remarquables pour la fixité de la forme et même des ornements, et puis d'autres types qui, tout en gardant par la persistance de certains caractères le cachet de la parenté spécifique tel qu'il est admis des paléontologues de la plus grande autorité, se prêtent néanmoins à des variations nombreuses. Dans ce dernier cas, M. Barrande distingue par le terme de *variations* les modifications d'une importance notable (apparition ou disparition plus ou moins accusée du bourrelet ou du sinus, aplatissement de la coquille, changements dans les stries ou autres ornements, etc.), modifications qui se manifestent en même temps chez un nombre notable d'individus. Il appelle *variantes*, les modifications tout à fait secondaires et qui, le plus souvent, sont accidentelles. M. Barrande, au surplus, met en quelque sorte son lecteur à même d'apprécier directement la question qu'il traite, grâce à ce luxe incomparable de planches étalé dans son ouvrage et qui dépasse de loin tout ce qui a été publié en fait de paléontologie au dix-neuvième siècle. Ainsi, par exemple, une des espèces siluriennes les plus caractéristiques des environs de Prague, laquelle avant M. Barrande était confondue avec la *Rhynchonella Wilsoni* d'Angleterre, *Rhynchonella princeps*. Barr. est reproduite dans l'atlas par 62 spécimens différents et par 250 figures ! *Rhynchonella Henrici*. Barr. forme assez voisine de la précédente, est représentée successivement en 157 figures d'après 48 exemplaires distincts.

Ce n'est pas sans quelque souci qu'on admire en géologue ces planches magnifiques publiées par M. Barrande. Sans doute, quand on compare entre elles ces centaines de rhynchonelles finement plissées, les unes du type *princeps* et les autres du type *Henrici*, la distinction des deux groupes auxquels elles appartiennent se reconnaît toujours aux marques indiquées par l'auteur, en dépit des variantes de taille ou de forme qui se produisent de part et d'autre. Mais, presque sans exception, toutes ces coquilles dessinées dans l'atlas ont leurs crochets, leurs commissures, la ligne frontale, visibles. Le dessin nous les montre tour à tour par la valve ventrale, par la dorsale, par le front, par les côtés, et toujours complètes. On croirait parfois qu'il s'agit des coquilles de nos côtes, qu'il suffit de se baisser pour ramasser sur les plages en valves intactes. Mais quel est le géologue en quête de brachiopodes des terrains paléozoïques qui puisse compter régulièrement sur de pareilles rencontres ? La forme *Henrici* serait malaisée à distinguer de la forme *princeps* sur des exemplaires incomplets, corrodés ou usés, à la manière de ceux qu'on recueille dans l'Eifel, dans le Hartz, dans les assises siluriennes ou dévoniennes de la Belgique et de la France. L'œuvre de M. Barrande est là pour prouver avec quel soin minutieux les confrontations de fossiles doivent se faire pour être tout à fait concluantes. La détermination rigoureuse des coquilles fossiles est chose souvent à laquelle il faut renoncer, faute des documents indispensables. Le géologue qui relève les affleurements et qui épie le raccordement des couches par les êtres organisés qu'elles renferment se décide maintes fois sur des *à peu près*. Or les conclusions prises sur des ressemblances approximatives, en l'absence des exemplaires typiques ou de monographies détaillées des espèces faites d'après les pièces suffisantes, prêtent à de graves erreurs stratigraphiques, particulièrement quand il s'agit de régions écartées par des distances considérables ; et les hommes du métier ne sont pas à l'abri de ces écarts.

M. Barrande le fait bien voir dans le troisième chapitre de son texte qui concerne les connexions spécifiques établies par les brachiopodes, entre la Bohême et les contrées étrangères. Rien de plus instructif que la discussion de l'auteur à propos des assimilations maintenues par M. Kayser, de certains spécimens des environs de Prague et des spécimens appartenant au terrain dévonien inférieur du Hartz. Confiant dans l'autorité paléontologique de M. Kayser, nous avons dit à la suite de ce savant (1), qu'un bon nombre d'espèces significatives des étages siluriens supérieurs de Bohême, se retrouvaient dans diverses régions dévoniennes de France, d'Allemagne et des États-Unis. Nous ajoutions, sans faire de

(1) *Revue des questions scientifiques*, t. IV, p. 324.

réserve, que, selon M. Kayser, les assises les plus élevées du bassin dit silurien de Prague pourraient bien être dévoniennes. La lecture que nous venons de faire a modifié profondément notre impression, et rien ne nous paraît moins probable que cette dernière assertion du savant allemand. Dans le texte qu'il vient de publier, M. Barrande prouve par une discussion détaillée de toutes les pièces du procès, que les assimilations de brachiopodes affirmées par M. Kayser ne reposent sur aucun fondement réel. Au lieu des 22 espèces de brachiopodes annoncées par ce savant, comme identiques dans la faune hercynienne et dans celles des étages F-G-H du bassin de Prague, *il n'en existerait pas une seule*. S'il en est ainsi, les étages siluriens de la Bohême n'ont rien de dévonien par leur faune en brachiopodes, et ils ne renferment même pas quelques-uns de ces avant-coureurs qui annoncent communément la transition entre deux phases consécutives des règnes organisés. Il y aurait moins de rapports entre les brachiopodes du silurien supérieur de Prague et ceux du dévonien du Hartz, qu'entre les brachiopodes de notre terrain dévonien supérieur de Belgique ou du nord de la France et ceux du calcaire carbonifère.

M. Barrande a fait remarquer depuis assez longtemps (1), que les variations ne sont pas communes parmi les trilobites. Dans les 350 espèces de la Bohême, il n'a observé de modifications un peu notables que chez onze espèces. Ce n'est pas faute de documents. Les exemplaires de ces crustacés sont généralement d'une très bonne conservation, et quelques types se sont multipliés dans le bassin silurien d'une manière extraordinaire. Les brachiopodes contrastent à cet égard avec les trilobites. Les recherches de M. Barrande montrent que les modifications dans l'espèce elle-même y sont très fréquentes : ce qui, dit-il, est de nature à diminuer un peu la valeur des brachiopodes pour la détermination des âges géologiques. Cette aptitude ou tendance à la variabilité chez les brachiopodes les rend d'autant plus intéressants à étudier au point de vue de l'évolution. M. Barrande mettant à profit ses matériaux avec le soin qui le distingue, a reconnu chez certaines espèces, outre la forme fondamentale, jusqu'à six et huit variétés bien caractérisées. Si l'on considère ensuite la distribution dans les couches de la forme typique et de ses modifications, on y constate ce que j'appellerai l'indépendance la plus absolue vis-à-vis des procédés imaginés par le Darwinisme ; en ce que les variations s'y manifestent à peu près toujours dans des individus contemporains, et n'offrent pas le caractère successif, chronologique, instamment réclamé par les théories de transformations lentes et graduelles.

Ainsi, les cinq variétés de *Rhynchonella Henrici* sont associées dans

(1) *Défense des colonies*, t. IV, p. 145 et suiv.

une même bande f^2 avec le type de l'espèce et on les trouve mêlés parfois dans le même morceau de calcaire. Chez *Rhynchonella princeps* la forme typique apparaît dans l'assise e^2 et bientôt après surgissent deux variétés congénères. Dans l'assise suivante f^1, le type demeure seul. Dans f^2 où l'espèce atteint son maximum, le type apparaît simultanément avec ses huit variétés. Dans l'assise subséquente g^1, toutes les variétés ont disparu ; il ne subsiste qu'un nombre restreint d'exemplaires du type primitif, seul survivant. L'histoire de *R. nympha* est entièrement semblable (1). Quelle distance de cette marche aux théories !

Il est des Darwinistes que des faits comme ceux-là n'embarrasseraient guère. En disposant à leur gré les divers facteurs, tels que la concurrence, la sélection, les influences locales, etc., ils expliqueraient sans gêne et les apparitions temporaires et les disparitions ou reprises des variétés, et la persistance de la forme fondamentale à une époque fort postérieure et quand l'espèce va s'évanouir. Mais l'esprit non prévenu n'en juge pas de même ; car la meilleure réfutation qui puisse être opposée à certaines théories scientifiques, c'est précisément de contraindre les partisans à multiplier les assertions gratuites en présence du fait. « Le fait, dit M. Barrande, consiste en ce que les types spécifiques de brachiopodes sont fréquemment accompagnés par un groupe de formes apparentées qui sont considérées comme des variantes ou variétés. Or, dans un grand nombre de cas, ces variations contemporaines du type s'éteignent, soit avant lui, soit en même temps que lui. Rarement, quelques-unes d'entre elles survivent de manière à pouvoir être considérées comme de nouvelles espèces dans les faunes subséquentes, et comme remplaçant les formes éteintes. » La règle est donc, à de rares exceptions près, que

(1) M. Barrande en voyant que les variétés chez les brachiopodes sont souvent contemporaines de leurs types respectifs, qu'elles ont souvent apparu avec la plénitude de leurs caractères distinctifs et dans les mêmes bancs, déclare qu'il faut recourir, pour expliquer le phénomène, à une cause indépendante de l'influence locale autant que des âges géologiques. Je ne crois pas que cette assertion de M. Barrande doive être prise avec une rigueur mathématique, particulièrement en ce qui concerne les influences locales. Je suis convaincu que le savant paléontologue ne nie pas l'action modificatrice que e *milieu*, entendu comme le comprend M. de Quatrefages, a exercé à toutes les époques sur les êtres vivants. L'expérience et l'observation nous démontrent cette influence sur la nature actuelle de la manière la plus positive. Il est aisé de concevoir que des embryons de la même espèces de mollusques issus de stations différentes se développent dans la même localité tout en conservant le cachet de leur origine. Je suppose que M. Barrande entend dire que l'aptitude à la modification est très inégale chez les diverses espèces, et par conséquent que les mêmes influences de milieu produisent des effets extrêmement différents dans le mode comme dans l'intensité.

les lacunes résultant de l'extinction des types spécifiques et de leurs variétés contemporaines restent vides. Puisque l'apparition des espèces nouvelles, le développement à nouveau de la faune sur un horizon paléontologique déterminé, ne se rattachent pas visiblement à la filiation, ne peuvent évoquer la migration que dans une mesure nécessairement restreinte, il reste à faire appel à une cause créatrice « qui comble successivement les lacunes résultant de l'extinction graduelle des espèces sur le globe. » Telle est la conviction du grand paléontologue de Prague : elle repose sur les données multiples fournies par les brachiopodes siluriens, comme sur les faits moins nombreux et déjà signalés par lui-même, qu'on peut tirer de l'observation des crustacés et des céphalopodes. En définitive, et pour emprunter la tournure de Newton à propos de l'attraction, *les choses* se passent en Bohême *comme si* les diverses espèces siluriennes plus ou moins susceptibles de subir des variations secondaires dans leurs formes, étaient douées sans exception d'une longévité limitée, et partant destinées à périr plus tôt ou plus tard. C'est pourquoi de nouvelles créations sont nécessaires.

M. Barrande arrivait déjà à cette conclusion de l'extinction immanquable de l'espèce fossile après un certain laps de temps, dès 1852, quand il publiait le premier volume de son grand ouvrage sur les trilobites de la Bohême. Après 26 années d'observations assidues, il est ramené à la même interprétation des faits. Cette interprétation, il est bon d'y prendre garde, n'est pas celle de Cuvier, d'Alcide d'Orbigny, et de plusieurs autres adeptes de la doctrine des créations successives. Ces naturalistes liaient la destruction des organismes anciens à des révolutions générales du globe, destructives de tous les êtres vivants. D'Orbigny enseignait, comme on sait, que ces cataclysmes périodiques avaient fait table rase du monde organique sur la terre à 27 reprises différentes. Et nous nous souvenons que feu d'Omalius, transformiste avant Darwin lui-même, demandait plaisamment, s'il était bien digne de la sagesse de Dieu de détruire 27 fois son ouvrage pour le plaisir de le recommencer ! A cela M. Barrande pourrait répondre qu'il existe une question préalable, celle de savoir s'il n'est pas de la nature des choses que la faculté propagatrice ait sa limite déterminée chez l'être vivant. Or, nous ne connaîtrons jamais à cet égard que ce que les faits dûment consultés pourront bien nous apprendre. Eh bien, à s'en rapporter simplement aux données nombreuses relatives à l'arrivée des espèces d'invertébrés, à leurs variantes, à leur distribution et à leur disparition dans le bassin silurien de la Bohême, ce n'est certes ni l'anéantissement des organismes par des cataclysmes généraux, ni la transformation des types qui paraissent la vérité, mais bien plutôt la mort naturelle de l'espèce plus ou moins hâtée d'ailleurs par les circonstances. Au surplus les faits paléontologiques ne tiennent pas toujours le même langage ; et le

développement des vertébrés par exemple, avec leurs types compréhensifs souvent antérieurs aux genres spéciaux qu'ils synthétisent, insinue incontestablement, non pas la défaillance vitale de l'espèce, mais l'idée d'une évolution de certains organismes accomplie au cours des âges géologiques. C'est à la postérité, si toutefois la Providence le permet, d'éclairer ces dissonances et ces profonds mystères de la philosophie naturelle.

Ch. de la Vallée Poussin.

V

Les splendeurs de la foi, *accord parfait de la révélation et de la science*, par l'abbé Moigno, chanoine de Saint-Denis, directeur du journal *Les Mondes*, 4 volumes in-8°. Paris 1879.

Nous n'avons pu, à notre vif regret, publier à temps un compte rendu de ce grand ouvrage, qui résume toute une vie de travail et de recherches, consacrée à la défense de la religion et à la diffusion de la science. Nous voulons du moins enregistrer la lettre pontificale qui en a béni la publication. Que ce document soit conservé dans notre Revue comme un titre de gloire pour notre vénéré confrère, et comme une preuve nouvelle du sympathique intérêt que le pape Léon XIII porte à la science et aux savants chrétiens.

LEO PP. XIII.

DILECTE FILI, SALUTEM ET APOSTOLICAM BENEDICTIONEM.

Fieri non poterat, Dilecte Fili, quin sapientissimus physici et supernaturalis ordinis auctor ita visibilium rerum scientiam ad revelatarum a se veritatum notitiam ordinaret, ut homo, quem propter se condiderat, invisibilia ipsius, per ea quæ facta sunt, intellectu conspiceret. Itaque, sicut opera Dei revelare et confiteri honorificum est ; sic omnino commendandum se præbet, qui mirum hunc ordinem exponere scite et illustrare aggrediatur. Quod autem semper est utile, id plane necessarium fecit præsentis ætatis elatio ; quæ vetustissimum illud *Non serviam* iterans, Deumque ab humanis ablegatura rebus, dominationem ejus spernit, majestatem blasphemat, et quæcumque naturaliter novit, aut liberaliter ab ipso accepit in eumdem impie retorquet. Id vero difficillimum et plane salebrosum facit nobile inceptum : ab eo

enim, qui illud aggrediatur, postulat solidam et amplissimam non sacrarum modo, sed et physicarum rerum notitiam, ac innumerorum ferme librorum variis editorum linguis lectionem, unde hauriri potuerint tum vetera ac recentia sophismata ordini objecta, tum novi quotidie progressus naturalium disciplinarum ; qui luce sua discuterent tenebras ab illis offusas. Gratulamur itaque tibi qui, opera diu naviterque impensa sive addiscendis sive tradendis philosophicis theologicisque disciplinis , sic te physicis addixisti, ut in universis earum partibus exponendis atque illustrandis publicam assequutus fueris promotoris earum laudem. Quæ sane, in uno homine raro exemplo conjuncta, sicuti nequeunt apud veritatis amatores magnam non conciliare auctoritatem doctæ ac laboriosissimæ lucubrationi tuæ *de Splendoribus fidei ;* sic osores illius cohibere debebunt, ne volumina tua eo supercilio excipiant, quo minus idonei et æqui disceptatoris tam variæ, gravis et arduæ materiæ. Illa certe providentia, quæ attingit a fine ad finem fortiter et disponit omnia suaviter, te perspicaci docilique ditavit ingenio tenaci conjuncto et fideli memoriæ, per quæ et oblata perspiceres illico, et perspecta constanter retineres ; patiens quoque et inexplebile studium tibi indidit scientiæ, quod oculis obverteret, veluti sponte, quidquid congerendum foret ad opus tam diversæ ac disparatæ naturæ contexendum ; ac demum, occasione passim oblata peculiarium de rebus physicis disquisitionum, te ad eas sic pertractandas exercuit, ut easdem ad scientiæ provectum simul exigeres et ad religionis tutelam et gloriam. Et quoniam expositio et ordinatio materiæ tota vita coacervatæ complurium adhuc annorum operam postulabat, juvenilem senectuti tuæ vigorem servavit mentis et corporis, qui tam diuturnum et improbum tolerare posset laborem ; ita ut non immerito censeri valeat, te peculiarem istius operis edendi missionem fuisse sortitum. Quod sane dum novas a nobis elicit gratulationes, spem quoque non mediocrem facit veræ solidæque utilitatis lucubrationis tuæ ; cujus quidem, ipsa moles etsi non siverit, Nos tot curis distentos, vim et eruditionem proprio percipere obtutu ; oblationem tamen acceptissimam et plane pretiosam fecerunt ipsa scripti indoles et publica commendatio. Pergrati itaque animi Nostri significationem excipe, simulque vota quæ edimus pro largo ac perenni tanti laboris fructu ; ejusque tibi sit auspex Apostolica Benedictio, quam paternæ Nostræ benevolentiæ testem tibi, Dilecte Fili, peramanter impertimus.

Datum Romæ, apud S. Petrum, die 3 julii, anno 1879.

Pontificatus Nostri anno secundo.

LEO P. P. XIII.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

PHYSIQUE.

—

La machine rhéostatique de M. Gaston Planté. — J'ai exposé naguère dans cette Revue les « Recherches sur l'électricité » de notre confrère M. Gaston Planté. Dans cette analyse, j'avais passé sous silence la machine rhéostatique que ce savant venait d'imaginer, et sur laquelle il poursuivait de nouvelles recherches. Le résultat de ses expériences vient de paraître.

La machine rhéostatique est formée de 10, 20, 30 et même 80 condensateurs de 3 décimètres carrés de surface. Chacun d'eux a pour lame isolante une feuille de mica et pour lames conductrices des feuilles d'étain. Ces condensateurs sont tenus debout dans un cadre. Au sommet du cadre est établi un cylindre en gutta-percha muni de bandes métalliques auxquelles viennent aboutir les lames conductrices de tous les condensateurs. Il y a deux systèmes de bandes métalliques fixées au cylindre. Le premier réunit les condensateurs en surface, le second les réunit en tension.

La machine rhéostatique étant chargée par les batteries secondaires, on peut, en imprimant au cylindre un mouvement de rotation plus ou moins rapide, en obtenir des décharges successives dont l'intensité et le jeu ont été étudiés par M. Planté.

La longueur des étincelles fournies par la machine est proportionnelle au nombre des condensateurs.

Elles présentent, quand on emploie une certaine vitesse de rotation et une tension suffisante du courant primaire, une forme particulière très constante que l'on n'observe pas avec le même degré de netteté dans celles des machines électriques ou des bobines d'induction. Cette forme consiste, lorsque l'angle compris entre les branches de l'excitateur est très obtus, en un trait de feu partant en ligne droite dans le prolongement de la branche positive, s'élevant notablement au-dessus de la pointe négative, et venant la rejoindre par un crochet en décrivant sur ce point de nombreuses sinuosités (1).

La longueur des étincelles avec la machine rhéostatique de 80 condensateurs, atteint 12 centimètres. Si l'on appuie les deux pointes de l'excitateur sur une lame isolante résineuse, saupoudrée de fleur de soufre, l'étincelle en avançant rejette de droite et de gauche cette fine poussière et l'on aperçoit, au milieu du sillon ainsi formé, une ligne bleuâtre très nette qui marque comme à la mine de plomb sa trajectoire. En enlevant alors, par une série de petits chocs prudents, l'excès de soufre, on voit apparaître sur tout le trajet de l'étincelle des arborisations très remarquables qui en dessinent les ramifications latérales.

Si l'on mélange du minium à la fleur de soufre, on obtient des figures de Lichtenberg que l'on peut fixer sur un papier encollé comme on fixe les figures de Chladni sur les plaques sonores. Les dessins ainsi obtenus constituent des éléments précieux pour l'étude de la décharge électrique.

Le pôle positif s'entoure d'une magnifique couronne jaune pâle à rayons divergents.

Du pôle négatif part une traînée uniforme de teinte rouge.

Quand l'étincelle n'a pas éclaté et qu'une aigrette sifflante apparaît seule au pôle négatif, cette nappe rouge ne pénètre pas dans l'auréole jaune. Quand, au contraire, l'étincelle a éclaté, la nappe traverse la couronne et s'étend jusqu'à son centre.

Parmi les effets produits par la machine rhéostatique montée en quantité, nous en signalerons un dont M. G. Planté déduit des considérations théoriques importantes. Si l'on fait passer le courant dans des fils de platine très fins, on voit ces fils former à des distances assez régulièrement espacées des angles vifs, que M. Planté appelle des « nœuds de vibration. » Les distances qui les séparent sont indépendantes de la vitesse de rotation de la machine, mais semblent augmenter à mesure que la tension diminue. Pendant tout le phénomène « on entend, autour du fil, un bruit ou un craquement analogue à celui d'une étincelle qui se produirait dans le fil lui-même, bien que ce fil ne présente aucune solution de continuité... Ce bruit ne peut être dû qu'à l'ébranlement moléculaire

(1) G. Planté, *Recherches...* p. 257.

résultant du passage du courant particulier de la machine qui a pour effet de déterminer de très brusques contractions et distensions de la matière des corps qu'il traverse. »

Ces vibrations longitudinales du fil sont accompagnées de vibrations transversales très intenses.

Après l'expérience, le fil est non seulement raccourci, mais il est devenu très cassant; et même, si l'expérience se prolonge au delà de deux minutes, il finit toujours par se rompre.

Voici les conclusions que M. G. Planté croit pouvoir tirer de ces faits. « Les vibrations moléculaires révélées par les nœuds formés dans un fil métallique, par le bruit perçu et par un changement notable de sa cohésion, sous l'influence du passage du courant dynamostatique que nous venons d'étudier, doivent se produire, à un moindre degré, dans les corps conducteurs traversés par des courants électriques de moindre tension. Nous croyons donc pouvoir en conclure que le « mouvement électrique » doit se propager dans les corps, à la manière du « mouvement mécanique » proprement dit, par une série de vibrations très rapides de la matière plus ou moins élastique qu'il traverse (1) ».

Nous aurons à revenir sur ce deuxième volume de Recherches, dont le premier fascicule seulement vient d'être mis au jour.

Support isolateur de M. Mascart (2). — M. Thomson avait démontré que les rapides déperditions d'électricité statique dont chacun a pu faire, dans les cours, la désagréable expérience, étaient dues, moins à la vapeur d'eau suspendue dans l'atmosphère, qu'à celle qui se condense sur les supports et les recouvre d'une mince lame conductrice, s'étendant avec une continuité parfaite jusqu'au sol.

M. Mascart a récemment imaginé un support destiné à supprimer cette continuité ruineuse. Un large flacon reçoit à l'intérieur la colonne isolante, soudée à sa base et se relevant de manière à traverser le goulot sans toucher à ses bords. On verse dans le flacon une couche d'acide sulfurique qui baigne le pied de la colonne et l'isole ainsi de tout contact nuisible.

Électroscope de M. Guérout (3). — M. Guérout vient d'adapter à cet isolateur un électroscope. La tige isolée de l'appareil Mascart se prolonge assez haut par dessus le flacon, et elle est garnie d'une douille de cuivre. Cette douille porte les plateaux condensateurs et, latéralement,

(1) G. Planté, *Recherches*, 2e vol., p. 37.
(2) *Journal de Physique de M. d'Almeida*, t. VII, p. 217.
(3) *Journal de Physique de M. d'Almeida*, t. VIII, p. 315.

une petite tige à laquelle sont suspendues les lames d'or. Une cage de verre, d'où les plateaux seuls émergent, recouvre tout l'appareil.

Cet appareil garde très longtemps la charge, grâce à cet isolement plus parfait, et par suite l'usage en sera très précieux à tous les professeurs.

Hygromètre de M. Th. Edelmann (1). — La détermination du degré hygrométrique de l'atmosphère, se fait depuis longues années, très régulièrement dans toutes les stations météorologiques. Malheureusement les appareils que l'on met en œuvre pour le mesurer sont très imparfaits. Recourir aux seuls procédés exacts, le procédé chimique de Brunner et ses analogues, n'est guère possible ; une seule expérience demande des heures entières et des pesées délicates ; toutes choses que l'on ne peut exiger d'un observateur chargé d'ailleurs de travaux plus importants.

Le procédé de M. Regnault, moins direct déjà, demande encore un temps trop long. La modification que M. Alluard a faite à l'appareil le simplifie sans doute mais n'en abrège pas la manœuvre.

Reste donc l'hygromètre de Saussure, auquel on ne peut se fier; et le psychromètre d'August qui résout le problème par une voie très détournée, mais qui du moins ne demande d'autre travail que deux lectures thermométriques et un recours à des tables à double entrée.

Aussi ce dernier appareil est-il le seul qui soit généralement en usage. On ne peut toutefois se dissimuler qu'il n'a pas dans ce genre de déterminations l'exactitude désirable. On doit chercher mieux.

M. Edelmann a tenté l'épreuve. Dans un gros tube en verre, muni de robinets, il fait entrer par aspiration l'air dont il veut déterminer l'état hygrométrique. Cette masse d'air emprisonnée dans le tube s'y trouve à une tension mesurée par un manomètre adapté à l'appareil. On tient note de cette tension; puis on laisse tomber à l'intérieur du tube une quantité donnée d'acide sulfurique, qui s'étend en nappe assez large et ne fait guère varier le volume de l'air intérieur. L'acide sulfurique absorbe la vapeur d'eau et la tension du mélange gazeux varie. La différence entre cette dernière tension et la première donne la tension de la vapeur d'eau contenue d'abord dans le mélange.

M. Bichat, en rendant compte de cet appareil, lui fait des reproches auxquels il sera difficile de répondre. Comment admettre que toute la vapeur d'eau du mélange puisse être absorbée « en un temps suffisamment court pour que la température reste rigoureusement constante » et que de ce chef la tension du mélange ne change pas ? — Ensuite il est bien clair que l'absorption de l'eau par l'acide ne se produit pas sans dé-

(1) *Annalen der Physik und Chemie.* Nouvelle série, t. VI, p. 455. 1879.

gager une quantité de chaleur correspondante : celle-ci intervient comme une nouvelle cause modificatrice de la tension et il faudrait nécessairement en tenir compte.

Même en supposant ces causes d'erreur écartées, les lavages qu'exigerait l'appareil après chaque expérience seraient longs et fastidieux.

Je me suis demandé souvent en présence des difficultés qu'offre la détermination de l'état hygrométrique de l'air, s'il serait bien long et bien difficile de mesurer directement la tension actuelle de la vapeur d'eau, par le procédé que suivit autrefois Gay-Lussac pour mesurer la tension maximum des vapeurs, dans une enceinte contenant des gaz. L'expérience serait évidemment réduite de moitié ; et il suffirait de mettre en communication avec le manomètre, le ballon plein d'air ambiant. On aurait ainsi la tension actuelle d'un volume d'air toujours le même, mais dans lequel seraient suspendues des quantités variables de vapeur d'eau.

On obtiendrait directement f : les tables de M. Regnault donneraient F, et le rapport de ces deux nombres fournirait le degré hygrométrique. En disposant le manomètre à la manière des pompes à mercure d'Alvergniat on rendrait sa manipulation très facile.

Sur la température des extrémités polaires des charbons qui produisent la lumière électrique, par M. Rossetti (1). — Le procédé suivi par M. Rossetti, dans ses nouvelles recherches, ne diffère pas de celui qu'il suivait dans ses recherches expérimentales sur la température du soleil.

Le rayonnement de la source est reçu sur une des faces de la pile thermo-électrique et y détermine un courant dont l'intensité est mesurée par l'angle de déviation qu'il imprime au système astatique d'un galvanomètre. La déviation de l'aiguille est proportionnelle à l'intensité du courant; l'intensité du courant est proportionnelle à la différence de température des deux faces de la pile ; enfin cette différence est proportionnelle à l'intensité du rayonnement de la source.

Pour arriver, à travers toute cette série d'intermédiaires, jusqu'à la température même de la source, M. Rossetti a recours à une formule établie à la suite de nombreuses expériences et que nous avons donnée dans le bulletin du mois d'octobre dernier.

$$y = a\,T^2\,(T - \theta) - b\,(T - \theta)$$

La surface rayonnante, dans le cas actuel, présentait un grand avantage : des pointes de charbon incandescent ont très certainement le

(1) *Journal de Physique de M. d'Almeida*, août, 1879.

pouvoir émissif maximum. La difficulté à surmonter était de limiter la surface rayonnante et d'en mesurer l'étendue avec exactitude.

Pour la limiter, M. Rossetti établit, à proximité des pointes incandescentes, un écran percé d'une fente horizontale d'environ $3^{mm}2$ ou $3^{mm}75$ de hauteur sur 15^{mm} de largeur. Les bords de cette fente découpent, dans le rayonnement total de la source, un faisceau prismatique de rayons dont une partie ira affecter la pile.

Pour mesurer la surface rayonnante ainsi délimitée, il plaçait de l'autre côté des charbons et à même distance de la pile un écran semblable. Le faisceau qui traversait cette nouvelle fente était reçu par une lentille posée symétriquement à la pile par rapport aux charbons. La lentille elle-même était couverte d'un nouvel écran dans lequel une ouverture d'étendue égale à la surface de la pile délimitait la partie active. L'image de la surface rayonnante des charbons se dessinait ainsi au foyer de la lentille ; on la pointait avec toute l'exactitude possible et, en la mesurant, on pouvait passer de ses dimensions, aux dimensions des charbons eux-mêmes. Il suffisait pour cela, d'appliquer le plus élémentaire théorème d'optique géométrique.

A vrai dire, ce n'est point l'aire de la surface rayonnante que l'on obtient ainsi, mais bien sa projection sur un plan perpendiculaire à la ligne qui unit le centre de la lentille et le centre lumineux. Mais on sait que la quantité de lumière envoyée par un élément lumineux donné, dans diverses directions, est proportionnelle au cosinus de l'inclinaison. C'est donc bien cette projection elle-même qui représente ici la surface rayonnante.

Il est à peu près inutile de faire remarquer qu'en variant la position des écrans, M. Rossetti pouvait étudier le rayonnement, tantôt du charbon positif, tantôt du charbon négatif, tantôt de l'arc, etc. La pile employée fut de 80 couples habituellement, dans certaines expériences on doubla le nombre des éléments.

Voici les conclusions de ces recherches.

1° Le pôle positif du charbon, au moment de la production de la lumière électrique, a toujours une température supérieure à celle du pôle négatif.

2° Ces températures varient suivant la variation de l'intensité du courant.

3° Elles sont d'autant plus élevées que la surface rayonnante est plus petite, pourvu, bien entendu, qu'elle comprenne l'extrémité de la pointe.

4° Le pôle négatif a eu comme température minima 1910°; la surface rayonnante étant grande et en partie brillante ; comme température maxima 2532° ; la surface rayonnante étant la moitié de la précédente.

5° Le pôle positif a donné comme température minima 2312° ; le

charbon étant très gros et la surface rayonnante très étendue ; comme température maxima, 3200°; lorsque le charbon était mince et la surface rayonnante un quart à peu près de celle qui correspondait à la température minima.

6° L'on peut considérer la température de l'extrême pointe polaire négative comme égale à 2500° au moins ; celle de l'extrémité polaire positive n'est pas inférieure à 3200°.

Galvanomètre et Magnétomètre de G. Hopkins (1). — Ces appareils, ou plutôt cet appareil, — car au fond c'est un même instrument appliqué à deux usages divers — cet appareil est d'un système tout nouveau, très ingénieux et susceptible d'une délicatesse extrême. Un tube capillaire pénètre dans une cuvette en acier pleine de mercure. Le fond de la cuvette est formé par une lame de vulcanite mince, au centre de laquelle est adapté un disque de fer doux dans le cas où l'appareil doit servir comme électromètre, et d'acier aimanté quand il doit servir comme magnétomètre et mesurer des répulsions aussi bien que des attractions magnétiques.

La cuvette ainsi constituée est portée sur trois colonnes au milieu desquelles, sous le poids du mercure, la lame de vulcanite s'incurve légèrement.

Par dessous se dresse un électro-aimant.

Un piston plongeur permet, avant toute expérience, de faire monter le mercure dans le tube thermométrique jusqu'à hauteur de la graduation 0. Maintenant qu'un courant vienne à passer dans les spires de l'électro-aimant, aussitôt le disque de fer doux est attiré, la lame de vulcanite s'incurve davantage, le mercure descend dans le tube, et finit par s'arrêter au niveau d'une graduation donnée qui servira de mesure à l'intensité du courant.

Aussi longtemps que l'intensité du courant demeurera invariable ; le mercure stationnera dans le tube : mais si elle vient à varier, le mercure éprouvera des oscillations qui en seront l'indice et la mesure.

On gradue l'appareil en soumettant la lame de vulcanite à des tractions de 1, 2, 3, 5, etc. grammes.

M. Hopkins a imaginé cet appareil pour mesurer la constance du courant fourni par une machine dynamo-électrique de Gramme.

Il est aisé de voir comment il faudrait procéder si on le voulait employer comme magnétomètre.

Les orages en Belgique durant l'année 1878. — Monsieur A. Lancaster vient de publier dans les *Annales de l'Observatoire de*

(1) *Scientific American*, sept. 1879.

Bruxelles une étude très intéressante sur les orages qui ont éclaté en 1878, dans notre pays. Un semblable travail, du même observateur, sur les orages de 1877 avait paru dans l'Annuaire pour 1878, et nous pouvons espérer de lui, désormais, une revue annuelle de ces phénomènes importants.

Ce n'est guère que depuis l'année 1864 que nous sommes en possession de quelques lois régissant l'apparition et le transport dans l'espace des nuées orageuses. C'est en effet en 1864 que M. Marié Davy énonça le fait suivant : « Toujours l'apparition des orages coïncide avec la présence des mouvements tournants désignés sous le nom de bourrasques ; » bientôt il passa à la loi générale « les orages sont dans une dépendance immédiate des mouvements tournants. »

En 1865, Le Verrier, dans l'*Atlas des orages de France*, décrit leur marche avec une précision remarquable. « Les orages nous viennent de l'Océan. Souvent, pendant de longues heures avant qu'ils n'atteignent nos côtes, les habitants du littoral de l'ouest et du sud-ouest les entendent gronder sourdement en pleine mer, se rapprocher peu à peu jusqu'à ce qu'ils parviennent au littoral. Entrent-ils ainsi par la Bretagne, ils la traversent, envahissent une plus ou moins grande largeur du terrain compris entre la Loire et la Manche, côtoient cette mer et atteignent nos départements du nord pour entrer en Belgique. Ceux qui pénètrent par le littoral du sud-ouest s'avancent en général vers le nord-est et parcourent le centre de la France, inclinent encore vers la Belgique, le Luxembourg ou vers nos départements de l'Est en traversant les monts et les vallées. »

Cette règle générale est sujette, on le devine, à des exceptions nombreuses, sans compter que le phénomène ne prend pas toujours ce caractère de continuité et devient souvent une perturbation toute locale.

On comprend qu'une étude qui en si peu de temps fournit de tels résultats soit encourageante. Aussi les observations d'orages sont-elles en plein honneur. En Belgique, le nombre des observateurs en relation avec l'Observatoire de Bruxelles est de 80. Quand un orage éclate sur la localité qu'ils habitent, ils l'étudient en suivant des instructions communes que l'Observatoire leur a dictées. Il y a là, comme on le voit, un réseau jeté sur le pays tout entier, et dont les mailles sont assez étroites pour qu'aucun orage ne puisse passer inaperçu.

Le nombre moyen d'orages observés annuellement à Bruxelles est de 16. En 1878 on en a observé 27, près du double. Depuis 1833 d'ailleurs, la moyenne semble aller en augmentant. Ainsi

de 1833 à 1847	elle est de	13, 1
de 1848 à 1862	»	17, 1
de 1863 à 1877	»	19, 3

Ce nombre croissant d'orages a été remarqué également dans plusieurs observatoires d'Europe, notamment à Milan et à Prague.

Comme d'habitude les mois de mai et de juin ont été les plus orageux : en 1878 ils fournissent la moitié environ des orages de toute l'année.

La direction des orages offre un caractère de régularité surprenant. Ainsi sur 43 orages il en vient

du SW	24
S	6
SE	4
W	3
SWS	2
SES	1
NE	1
NW	1
WSW	1

La prédominance de la direction SW s'accorde singulièrement avec les remarques de Le Verrier que nous avons citées plus haut.

La vitesse moyenne de translation des orages est en Belgique de 8 à 10 lieues de 5 kilomètres à l'heure. Un cas exceptionnel a été présenté cette année par l'orage du 8 octobre : sa marche atteignait 20 kilomètres à l'heure. Signalé à Chimay à 6 h. du matin, il l'était à Dinant à 6 h. 15 ; à Namur à 6 h. 25 ; à Wasseiges à 6 h. 30.

Il est curieux encore de constater comment l'apparition des orages coïncide habituellement avec des pressions barométriques moyennes. Ainsi, des orages de l'année il en est

1 qui apparaît sous pression	de 770 à 765^{mm}
7	de 765 à 760
16	de 760 à 755
12	de 755 à 750
3	de 750 à 745

Les mouvements brusques de la girouette durant les orages fournissent à M. Lancaster de très intéressantes remarques sur la nature cyclonique de ces phénomènes ; nous regrettons de ne pouvoir en entreprendre l'analyse détaillée.

Citons un dernier fait assez frappant bien qu'il soit prévu. Quand on dresse d'une part la courbe de la marche diurne de la température, et d'autre part la courbe de la fréquence horaire des orages ; ces deux courbes sont d'un parallélisme saisissant, seulement la courbe des orages est en retard d'une heure sur la première. Le maximum de la tem-

pérature est atteint — en moyenne — vers 2 heures;.. la fréquence horaire maximum des orages est fixée à 3 heures. C'est bien la preuve évidente de l'influence de la température sur la production des orages. Ajoutons que le minimum absolu de la pression barométrique est atteint vers 4 heures. C'est encore là une coïncidence très remarquable. Nous avons dû parcourir rapidement le travail de M. Lancaster et il eût mérité une analyse plus approfondie, mais elle eût dépassé les bornes d'une simple revue. Nous renvoyons au travail lui-même ceux de nos lecteurs que ce genre de recherches préoccupe. Ils y trouveront d'importantes données. Il n'est pas douteux que ces études, ainsi conduites et discutées, n'amènent à découvrir les lois qui régissent les orages.

La tache rouge de Jupiter. Photographie de la planète par M. de Boë. Observations du professeur Lohse. — On sait que l'aspect de Jupiter est sans cesse variable. Le P. Secchi, qui avait observé durant vingt-quatre ans cette planète, avait constaté que les larges bandes équatoriales qui la traversent éprouvent des modifications de forme très rapides. Dans son grand ouvrage sur le soleil, il dessine la planète d'après une observation du 10 octobre 1856, et il met en regard un second dessin fait en décembre 1857, le 6. — Entre ces deux dessins la différence est saillante. Ces variations dans les bandes de Jupiter, et des phénomènes du même genre mais plus éphémères avaient porté le P. Secchi à admettre non seulement que l'atmosphère de cet astre était le siège d'ouragans et d'orages analogues à ceux qui agitent notre atmosphère à nous, mais encore que la masse même de la planète devait se trouver dans un état voisin du chaos.

Comme le soleil, Jupiter présente le phénomène des taches. Les deux dessins du P. Secchi que nous rappelions tantôt en présentent une très remarquable. Mais cette année-ci l'astre présente une tache rouge, ovale, large et profonde qui l'emporte de beaucoup sur ses devancières. M. de Boë, d'Anvers, dont l'observatoire privé s'est signalé cette année par une mesure très exacte du passage de Mercure, a observé avec soin cette tache, que ses dimensions exceptionnelles rendent particulièrement intéressante. Sous sa direction, M. le docteur N. de Konkoly en a fait, le 10 septembre, un dessin d'une grande perfection et ce dessin a été reproduit par la photographie. Tous les détails de la tache et des bandes y apparaissent avec une netteté extrême.

Les traités d'astronomie, qui trop souvent reproduisent des figures traditionnelles fort vagues et légèrement fantaisistes, feraient bien de s'attacher désormais à celle-ci comme à un type et de la rendre classique. Elle a été prise avec un équatorial de 6 pouces, au grossissement 185 (1).

(1) Le dessin de M. de Boë a été photographié par M. Dupont (Anvers),

Cette même tache a fourni à M. le professeur Lohse, de l'observatoire de Potsdam l'occasion de recherches importantes. La tache, d'un rouge sombre, apparaissait, à partir du 5 juin — époque à laquelle le professeur commença ses observations — dès 15 heures (temps moyen). Il en a pris de nombreuses mesures de position et de grandeur, dans le but de déterminer à nouveau le temps de la rotation de la planète, temps fixé par le P. Secchi à $9^h\ 55^m\ 26^s\ 5$. C'est à cette rotation rapide que Jupiter doit le renflement équatorial si considérable qui le distingue.

Nous n'avons encore qu'une analyse très incomplète des recherches du professeur Lohse, qui d'ailleurs seront reprises l'année prochaine. La grande permanence de la tache permettra de continuer alors les observations commencées.

Recherches sur la scintillation. — M. Ch. Montigny a mis en honneur, par de longues et patientes recherches, l'observation de la scintillation des étoiles Un appareil ingénieux et très exact imaginé par lui permet de donner à ces observations toute la rigueur désirable. Nous espérons pouvoir analyser un jour pour les lecteurs de la Revue toute la série de ses travaux sur cet objet.

M. Montigny a parfaitement démontré toute leur importance dans la solution du problème de la prévision du temps. Il est établi maintenant que l'intensité de la scintillation est influencée par la température et la pression de l'air et surtout, d'une façon vraiment prépondérante, par la pluie et par ses approches. Cette dernière influence se fait sentir non seulement quand la pluie survient le jour de l'observation, mais elle accroît progressivement l'intensité de la scintillation lorsqu'il doit pleuvoir le lendemain et même le surlendemain. Par contre cette intensité décroît lorsque la pluie cesse.

M. Ch. Forel (1) a dirigé ses recherches dans un autre sens et, jusqu'à présent du moins, il ne semble pas que ce changement de route soit chose heureuse. Il observe, non pas la scintillation des étoiles, mais la scintillation d'une flamme de gaz, brûlant à une distance assez grande de son laboratoire.

M. Forel habite Morgues, et c'est de là qu'il pointe sa lunette sur les flammes de gaz de Lausanne : la distance est de 10 500 mètres. Le rayon lumineux traversant cette épaisseur d'atmosphère peut être assimilé, selon M. Forel, au rayon émané d'une étoile située au zénith. « Une colonne d'air de 10 500 mètres de longueur, à une alti-

mais nous ne saurions dire si cette photographie a été mise en vente. Nous devons à la bienveillance de M. de Boë, l'épreuve que nous avons sous les yeux.

(1) *Revue de Genève*. Analysé dans les *Mondes*, 11 déc. 1879.

tude moyenne de 400 mètres, représente en masse quelque chose de supérieur à la colonne d'air atmosphérique que traverse le rayon lumineux d'une étoile située au zénith. Cette masse correspondrait en effet à une colonne de mercure de 960^{mm} de hauteur.

» Les conditions générales sont donc assez semblables à celles du rayon lumineux des étoiles pour que les phénomènes de scintillation puissent être en quelque sorte comparables ; mais l'étude de la scintillation du gaz peut être sous certains rapports préférable à celle des étoiles, car nous pouvons reconnaître beaucoup plus complètement l'état de l'atmosphère dans toute l'épaisseur traversée par le rayon lumineux du gaz et en savoir la température, l'humidité et la transparence ; nous pouvons aussi, si nous voulons expérimenter, faire varier la grandeur de la flamme, sa nature, sa couleur et son éloignement. »

M. Forel espère arriver à déterminer ainsi les relations entre la scintillation et l'état de l'air. La seule qu'il puisse énoncer jusqu'à présent est celle-ci : « La scintillation du gaz est d'autant plus forte que l'air est plus calme : elle est d'autant plus faible qu'il règne un vent plus intense. »

Cette loi est en désaccord avec des résultats obtenus par M. Montigny : « La scintillation est excessivement forte, disait ce savant dans une note qui résumait ses recherches, par un temps de pluie, quand celle-ci est accompagnée de vents violents produits par le passage de bourrasques ; le 13 mars 1876, le lendemain de l'ouragan qui causa tant de désastres, l'intensité de la scintillation fut caractérisée par cent quatre-vingt-neuf changements par seconde, le vent étant très fort. »

Or, si la loi de M. Forel était inexacte, son genre de recherches inspirerait de grandes réserves, car, ainsi qu'il le fait remarquer lui-même « la flamme de gaz est fort irrégulière ; elle présente, surtout lorsqu'il fait du vent, des périodes d'extinction relative qui pourraient être confondues avec la scintillation. »

Et pour répondre à cette objection capitale, M. Forel n'allègue précisément que sa loi : « la scintillation est affaiblie lorsque l'air s'agite sous le coup du vent et de la tempête ; c'est alors d'ailleurs que la flamme du gaz éprouve ses variations d'éclat les plus prononcées. Les deux phénomènes ne sauraient donc se confondre puisqu'ils suivent des lois inverses. » Toute la question est là. On est donc en droit, semble-t-il, de demander à M. Forel de nouvelles recherches sur ce point important, et, j'ajouterai, des recherches plus précises. Il détermine l'intensité de la scintillation, dans une lunette mal mise au point, et l'affecte, au simple jugé, des valeurs 0, 1, 2, 3, 4.

Le procédé de M. Montigny est bien autrement exact. Dans son scintillomètre les foyers successifs des rayons émanés de l'étoile décrivent, d'un mouvement assez rapide pour laisser dans l'œil une impression

continue, une circonférence lumineuse. Lorsque l'étoile ne scintille pas, la circonférence est de teinte uniforme. Lorsque l'étoile scintille, cette circonférence se fractionne en arcs teintés de couleurs diverses et sans cesse variables. On estime assez aisément à l'œil le nombre des arcs occupant une fraction très petite, mais déterminée, de la circonférence, et l'on en déduit le nombre d'arcs contenus dans la circonférence entière. On connaît d'ailleurs la vitesse avec laquelle le mécanisme de l'instrument promène l'image de l'étoile sur sa trajectoire et par suite le temps qu'il faut à celle-ci pour décrire une circonférence complète. On peut tirer de ces données le nombre des changements de couleur d'une étoile en une seconde : ce chiffre marque l'intensité de la scintillation.

Il y a là, on le voit, une rigueur vraiment mathématique, ne laissant aucune place aux appréciations vagues. Ne serait-il pas désirable que M. Forel suivît un procédé analogue ? — Nous ne croyons pas qu'il songe à proposer son genre d'observation dans l'étude de la prévision du temps. Il est évident en effet que la masse aérienne que peut balayer une lunette braquée sur les becs de gaz d'une ville est trop restreinte pour en tirer des conclusions sur l'état général de l'atmosphère. Il faut pour cela, comme le fait M. Montigny, la sonder dans toutes les directions du ciel, et dès lors les étoiles seules offrent un objectif dispersé sur une assez large étendue.

La transmission de la force motrice par l'intermédiaire de l'électricité (1). — On a beaucoup parlé en ces derniers temps de nouveaux essais tentés en France pour utiliser les courants d'électricité à fournir une force motrice considérable. Des champs d'assez vaste étendue ont été labourés par des charrues que mettaient en mouvement des machines dynamo-électriques de Gramme.

M. J. Boulard a publié, sur l'emploi de ces machines à de pareils usages, un travail que nous voudrions analyser brièvement.

Il est bien clair que, si jamais l'électricité pouvait être appliquée avec avantage à développer des forces mécaniques puissantes, l'extrême aisance avec laquelle elle se transmet dans des conducteurs métalliques la ferait préférer aussitôt à toutes les autres forces motrices. Quoi de plus simple alors que de conduire la force jusqu'à l'outil qu'elle doit animer, dans l'atelier même de l'ouvrier, loin de ces usines immenses où maintenant il s'étiole et se démoralise. Quoi de plus simple que de l'appliquer à tant d'instruments que nous persistons à manœuvrer à bras d'homme, parce que les forces actuellement en usage sont réfractaires à tel système de transmission indispensable.

(1) *Revue scientifique*, 15 novembre 1879.

Mais le mode de production de l'électricité a été jusqu'ici le grand obstacle à son emploi. Il est considérablement dispendieux.

Pour produire un travail équivalent à 1000 calories, il faut brûler :

Houille de première qualité	118 gr.
» de qualité moyenne	134 »
» de qualité médiocre	154 »
Coke d'usine à gaz	155 »
Bois sec	303 »
Goudron de gaz	105 »
Huile lourde de gaz	115 »
Pétrole raffiné	85 »
Gaz d'éclairage (Paris)	180 lit.
Zinc brûlé dans les piles	1785 gr.

En combinant ces quantités de matières diverses avec leur prix sur les marchés de Paris, on arrive aux résultats suivants.

Le travail de 1000 calories produit par

la houille de première qualité revient à	fr. 0,00570
la houille de qualité moyenne	0,00546
la houille de qualité médiocre	0,00549
le coke des usines à gaz	0,00700
le bois sec	0,01360
le goudron de gaz	0,01500
l'huile lourde de gaz	0,02300
le pétrole raffiné	0,07500
le gaz d'éclairage	0,05400
le zinc brûlé dans la pile, minimum	2,05300
» » maximum	2,79000

On voit que les frais de la pile sont environ 373 fois ceux de la houille.

Les machines dynamo-électriques, celle de Gramme en particulier, ont réduit considérablement ces frais ; leur rendement peut être évalué aux 0,65 de la dépense. Si bien que « en prenant pour base ce que coûte aujourd'hui la force motrice fournie par une bonne machine à vapeur, soit 0 fr. 06 par cheval et par heure, c'est-à-dire pour l'équivalent de 635 calories, on trouve pour 1000 calories transformées en leur équivalent d'électricité, 0 fr. 128. » C'est une dépense 16 fois moindre que celle de la pile, mais 23 fois plus forte que celle de la houille.

Avant que l'on ne connût ces machines dynamo-électriques on avait imaginé des systèmes très nombreux de moteurs, actionnés par le cou-

rant des piles. Ceux qui ont eu le plus de succès, la machine rotative de M. Larmanjeat et la machine oscillante de M. Roux, avaient un rendement thermique de 0,09 pour la première et de 0,18 pour la seconde.

Ce résultat comparé au rendement thermique des machines à vapeur : 0,085 pour les machines à haute pression, avec détente et condensation, — 0,030 pour les mêmes machines sans condensation, était un incontestable succès. Une plus grande partie de la chaleur produite était utilisée, mais son mode de production restait incomparablement plus coûteux. Mais ce genre de moteur ne pouvait guère fournir qu'un kilogrammètre, tandis qu'un homme travaillant sur une manivelle en développe au moins six.

Les machines dynamo-électriques ont encore modifié cela.

Une machine dynamo-électrique de Gramme (aimant Jamin), travaillant comme moteur sous l'action de 8 éléments Thompson, fournit, d'après une évaluation de M. Mascart, 4 kilogrammètres. Sous l'action de 10 éléments Bunsen, elle en fournit 6,15.

Mais on peut remplacer les piles par une première machine Gramme que l'on mettra en mouvement par une machine à vapeur ou par une chute d'eau. L'électricité ainsi produite actionnera une seconde machine Gramme qui travaillera comme motrice.

Si le travail de la machine à vapeur ou de la chute d'eau est de 75 kilogrammètres, la machine motrice de Gramme fournira 39 kilogrammètres, soit 52 pour 100 ; ce qui équivaut à une dépense de 0 fr. 12 par cheval et par heure.

« Dans une transmission installée au Val d'Osne avec deux machines Gramme éloignées de 150 mètres, on a recueilli 50 kilogrammètres mesurés au frein, et dans l'expérience si remarquable faite à Sermaize en juin dernier, avec 4 machines Gramme, le travail fourni par les deux récepteurs a été estimé à 3 chevaux.

» Cette première tentative vient d'être suivie d'un essai fait à l'usine de Noisiel, par M. Menier, avec des résultats assez satisfaisants pour que l'on ait décidé d'employer ainsi au labourage et aux autres travaux agricoles, toute la force motrice fournie par la chute de la Marne, soit environ 30 chevaux. »

Il est à remarquer que les machines Gramme employées dans ces expériences n'ont pas été construites comme machines motrices; ce sont des machines à lumière dont la principale qualité est « de produire beaucoup d'électricité avec la plus faible dépense possible de force motrice. » En renversant leur usage, il est bien évident que cette qualité devient un défaut, et que l'on se trouve en présence d'une machine demandant beaucoup d'électricité pour produire peu de force motrice.

M. Boulard étudie longuement les modifications qui devraient être

apportées à cet appareil pour l'adapter à ce nouvel usage, et il conclut ainsi :

« En résumé, si économique que soit le mode actuel de production de l'électricité par la transformation du travail mécanique, il serait bien plus avantageux de l'obtenir régulièrement, et en toutes proportions, par la transformation directe de la chaleur. C'est à cette condition que les moteurs électriques deviendront réellement une des plus précieuses ressources de l'industrie.

» Dans l'état actuel, elle n'est qu'un mode de transmission dont la valeur dépend du prix de revient de la force initiale; son rendement évalué déjà à 50 pour cent, peut être facilement augmenté et lui permettre, grâce à la facilité d'installation et d'emploi, de rendre des services concurremment avec ceux dont l'industrie dispose déjà. »

VICTOR VAN TRICHT. S. J.

BOTANIQUE.

Les recherches récentes sur la matière verte des végétaux. — D'importants travaux ont été publiés il y a quelques mois sur la chlorophylle, matière colorante des plantes. C'est, on le sait depuis longtemps, un composé quaternaire protoplasmique, dont la composition exacte n'a pas été établie, auquel vient se superposer une matière colorante verte; c'est un corps protoplasmique qui diffère du protoplasma propre à toute cellule vivante, par la présence de la matière colorante qui l'imprègne.

Cette matière aurait pour fonction spéciale de réduire l'acide carbonique libre de l'air, de fixer la carbone dans la plante en dégageant l'oxygène ; la réduction aurait lieu sous l'action des rayons solaires; on lui a donné le nom d'assimilation. C'est sous forme de corps ternaires que le carbone se présente le plus fréquemment dans le végétal à la suite de l'assimilation.

Dès 1877, M. J. Böhm (1) constatait qu'une lumière très intense est souvent nuisible à la vie des cellules végétales, que notamment, la matière colorante verte est tuée et détruite sous l'action d'une lumière vive. Un peu plus tard, le même savant croyait pouvoir affirmer (2) que

(1) *Die landwirthschaftlichen Stationen*, t. XXI, p, 463.
(2) *Id.*, t. XXIII.

l'amidon, produit dans les feuilles éclairées par le soleil en présence de l'acide carbonique et de l'eau, ne serait pas produit par l'assimilation directe exercée aux dépens de ces corps.

M. Pringsheim reprit les expériences sur lesquelles se fondait M. Böhm, pour appuyer son affirmation et arriva aux mêmes résultats (1).

Qu'un tissu à chlorophylle, ou une seule cellule à chlorophylle, une feuille de mousse, un prothalle de fougère, un chara, une conferve, qu'une coupe de feuille soit placée de la manière ordinaire sous le microscope, il suffit de placer à une distance focale de l'objet un héliostat avec une lentille de 60^{mm} de diamètre qui concentre les rayons solaires sur un point de l'objet, pour qu'après 3 à 6 minutes la chlorophylle soit complètement détruite en ce point.

Quelques minutes seulement d'action d'une lumière intense produisent le même effet qu'un séjour prolongé dans l'alcool concentré. La substance verte est détruite et la matière qui lui sert de support est modifiée dans sa forme et son fonctionnement ; la destruction est tout à fait locale ; elle n'a lieu qu'au seul point soumis à l'action de la lumière intense, comme, par exemple, sur un grain de chlorophylle dans une cellule, tandis que tous les grains voisins restent intacts.

La lumière intense agit aussi sur les autres parties de la cellule qu'on peut ainsi tuer successivement ; les filets protoplasmiques sont déchirés, le noyau est disloqué et quitte sa position normale ; le sac protoplasmique se contracte et perd sa faculté d'être imperméable à la matière colorante ; la turgescence de la cellule devient plus grande ; en un mot, la cellule montre tous les symptômes d'une destruction complète, irréparable.

Ces résultats ne sont pas dus à l'influence de l'élévation de température ; les liquides colorés, qui absorbent les rayons calorifiques en laissant passer les rayons chimiques, le montrent bien.

Le pigment détruit ne peut être régénéré.

La destruction de la chlorophylle doit être regardée comme une combustion sous l'action de la lumière trop vive ; elle est absolument indépendante de la réduction de l'acide carbonique.

La destruction du pigment vert a lieu dans les rayons les plus diversement colorés, sans qu'on puisse établir aucune relation entre ce phénomène et les maxima d'absorption qui distinguent le spectre chlorophyllien.

La respiration continue sous l'influence des rayons solaires ; l'absorption d'oxygène augmente même avec l'intensité de la lumière.

(1) *Ueber Lichtwirkung und Chlorophyll function in der Pflanze.* Berlin, 1879.

D'après le savant physiologiste de Berlin, le rôle de la chlorophylle serait d'une part de régulariser la respiration, d'une autre part d'agir comme un écran, d'absorber une partie des rayons lumineux. La force vive lumineuse ainsi modifiée, transformée en chaleur et en action chimique, est utilisée par le protoplasma des grains de chlorophylle à produire la réduction de l'acide carbonique. La chlorophylle ne remplit donc pas elle-même cette fonction ; elle ne contribue à son accomplissement que d'une façon tout à fait secondaire.

Le premier produit de l'assimilation est, selon M. Pringsheim, un carbure d'hydrogène ou du moins une combinaison moins riche en oxygène que ne le sont les hydrates de carbone ; il lui donne le nom d'*Hypochlorine*. On trouve cette matière dans tous les organes à chlorophylle ; c'est d'elle que dériverait l'amidon.

D'autre part, les chimistes ont fait faire un grand pas à la connaissance des caractères chimiques de la chrorophylle.

M. Arm. Gautier en France (1), M. Hoppe-Seyler en Allemagne (2) ont à peu près en même temps publié les résultats de leurs recherches sur ce sujet. Ils ne diffèrent que par quelques détails secondaires que nous pouvons négliger.

A vrai dire, la composition chimique de la chlorophylle était jusqu'ici fort mal connue ; cela provient, dit M. Arm. Gautier, de la façon dont on l'a étudiée ; on connaît les produits de la composition de la chlorophylle, plutôt que cette matière elle-même.

La marche suivie par les deux savants a été la même à fort peu de chose près.

On dissout des feuilles vertes dans l'alcool, en s'entourant des précautions nécessaires ; la liqueur est filtrée, mise en contact avec du noir animal qui s'empare de la matière colorante verte ; la liqueur qui reste contient toutes les impuretés, et une matière cireuse.

On décante cette liqueur, et on lave le noir animal avec de l'alcool à 65° cent. qui s'empare d'une substance jaune cristallisable.

Le noir animal est traité ensuite par l'éther ou l'huile de pétrole ; ces dissolvants s'emparent de la chlorophylle, se colorent en vert foncé, et il suffit de les faire évaporer à l'air pour obtenir des cristaux qui ont souvent plus d'un demi-centimètre de long, mous, colorés en vert intense ; ils appartiennent très probablement au système du prisme rhomboïdal oblique.

Cette matière cristallisée paraît identique avec la phyllocyanine de M. Frémy. Elle aurait pour formule :

$$C^{19}\ H^{22}\ Az^2\ O^2.$$

(1) *Comptes rendus*, 17 nov. et 8 déc. 1879.

(2) *Berichte der deutschen chem. Gesells.* 17 sept. 1879. Berlin.

M. Hoppe-Seyler lui donne le nom de *chlorophyllane*. Il est probable que la formule de la chlorophylle en diffère peu, mais elle n'a pu être établie jusqu'à présent.

Le corps jaune ne serait autre chose que la phylloxanthine séparée autrefois par M. Frémy.

Contrairement à ce que beaucoup de physiologistes croyaient pouvoir affirmer, la chlorophylle est absolument exempte de fer. Ses cendres renferment des phosphates alcalins, une trace de magnésie, de chaux et de quelques sulfates.

Les travaux que nous venons de résumer ne sauraient manquer d'exercer une grande influence sur toutes les questions relatives à la nutrition des végétaux. Ils réalisent l'un des plus grands progrès qui aient été obtenus depuis longtemps dans cette voie.

CH. FLAHAULT.

ANTHROPOLOGIE.

Variation de volume du cerveau et de la tête (1). — C'est une proposition admise *à priori* par l'école transformiste que la capacité du crâne, le volume du cerveau et le développement de l'intelligence sont dans un rapport constant. Cherchant dans les faits la confirmation de cette donnée théorique, les partisans de l'évolution n'ont pas négligé de rassembler les documents qui pourraient être favorables à leur thèse. M. le Dr Le Bon, un des adeptes les plus entreprenants de cette école, a publié dans la *Revue d'anthropologie*, le résultat de ses recherches expérimentales sur les variations de volume du cerveau et du crâne, et résumé ses observations dans le *Bulletin* de la Société d'anthropologie de Paris. Elles ont figuré sous la forme de tracés graphiques à l'Exposition universelle de 1878. Voici à quelles conclusions le conduisent les observations qu'il a recueillies sur de nombreuses séries de crânes et sur le vivant.

Les variations du volume du crâne sont très grandes non seulement dans l'espèce humaine, mais dans une même race. Le cubage de cent crânes parisiens du sexe masculin donne un écart de 1300 à 1900 centimètres cubes. Les pesées de cent cerveaux, pris dans les mêmes con-

(1) *Bulletins de la Société d'anthropologie de Paris*, t. I; 3e série; p. 310.

ditions varient de 1000 à 1700 grammes. En thèse générale les variations peuvent être considérées comme allant du simple au double.

Dans les races supérieures, la proportion des crânes volumineux est beaucoup plus élevée que dans les races inférieures. Parmi ces dernières les crânes les plus volumineux ne dépassent guère 1500 centimètres cubes.

Les inégalités de volume du crâne entre individus d'une même race, tendent à s'accroître dans les races supérieures. Tandis que la différence entre les limites extrêmes n'est que de 307 centimètres cubes chez les Australiens, elle atteint 700 centimètres cubes chez les Allemands d'aujourd'hui. L'influence de la taille sur ces différences individuelles est minime.

A poids égal, à taille égale et à âge égal, le cerveau de la femme est beaucoup moins lourd que celui de l'homme. Cette différence s'accentue dans les races supérieures. « La différence qui existe entre la moyenne des crânes des Parisiens contemporains et celle des Parisiennes, est presque double de celle qui existe entre les crânes masculins et féminins des races inférieures actuelles. »

Les crânes féminins des races supérieures sont remarquablement plus petits que ceux d'un grand nombre de races inférieures.

De cet ensemble de faits M. le Dr Le Bon conclut que la mesure du cerveau donne la mesure de l'intelligence correspondante ; que dans les races supérieures les inégalités d'intelligence vont en s'accentuant, soit entre individus du même sexe, soit surtout entre les deux sexes. S'il n'ajoute pas en toutes lettres que l'intelligence des Parisiennes modernes est à peine au-dessus de celle des femmes de la Nouvelle-Calédonie, c'est par pure courtoisie. Il attribue cette déchéance intellectuelle de la femme dans les races supérieures à ce que « son rôle y est nul. » Enfin, classant d'après leur volume les crânes de 1200 Parisiens vivants, il établit entre eux la gradation suivante : 1° Savants et lettrés; 2° Bourgeois ; 3° Nobles d'anciennes familles ; 4° Domestiques ; 5° Paysans.

Pour que les conclusions de M. Le Bon fussent acceptables, ou même pour qu'elles eussent une signification psychologique quelconque, il aurait fallu qu'il définît d'abord ce qu'il entend par l'intelligence; puis qu'il passât successivement en revue les diverses fonctions de l'intelligence, et qu'il recherchât quelle influence l'activité plus grande donnée à telle ou telle de ces fonctions peut exercer sur le développement du cerveau ou du crâne.

Il est bien certain qu'entre l'intelligence et le cerveau qui lui sert d'organe il y a un certain rapport. Mais ce que nous ne connaissons pas, — et les recherches de M. Le Bon nous laissent dans la même ignorance à ce sujet, — c'est la loi ou les lois qui règlent ce rapport.

De ce qu'un cerveau est plus volumineux qu'un autre on ne peut rien conclure sinon que les intelligences correspondantes ont travaillé différemment, qu'elles ont développé des fonctions différentes. Prétendrait-on qu'un homme est moralement supérieur à un autre parce qu'il a les muscles des bras plus gros, les mains plus larges ou les mâchoires plus fortes ? Le cerveau est un appareil mécanique comme les muscles, les bras ou les mains. Il porte l'empreinte du travail qu'il a accompli. Mais nous ne savons pas quel lien existe entre son développement en poids et en volume et tel ou tel genre de travail.

Dans une société barbare, où la division du travail n'existe pas, où la condition des femmes est sensiblement la même que celle des hommes, l'exercice des différentes facultés de l'intelligence et par conséquent le développement dn cerveau, doivent être assez uniformes. A mesure que les fonctions sociales se compliquent, que la division du travail s'opère, les divergences s'accentuent, non seulement entre les personnes d'un même sexe mais entre les individus de sexe différent. Où trouver alors l'unité de mesure ? Comment comparer entre elles des intelligences travaillant dans un ordre d'idées absolument distinct ? A défaut d'une commune mesure, toute classification sera nécessairement artificielle et arbitraire. Disons cependant que les lois éternelles et immuables de la morale, pouvent fournir de bons termes de comparaison. C'est le grand criterium auquel nous devrons nous adresser si nous voulons classer entre elles les intelligences par ordre de mérite. Quelles que soient d'ailleurs les circonstances variables dans lesquelles les hasards de la naissance ou de l'hérédité l'auront placé, l'homme supérieur sera toujours celui qui vivra dans la plus étroite conformité avec la loi morale ; *ex fructibus eorum cognoscetis eos*. La question reviendrait alors à celle-ci : Entre la valeur morale de deux individus et le développement relatif de leur cerveau, y a-t-il un rapport constant?

Des observations publiées par M. Bordier dans les Bulletins de la Société d'anthropologie vont nous permettre de répondre à cette question.

Ces observations portent sur une série de trente-cinq crânes d'assassins envoyée à l'Exposition universelle par le musée de Caen. Leur cube est très volumineux. Leur moyenne est de 1547^{cc}, 91. Il en est qui atteignent 2076^{cc}.

« Faut-il en conclure, demande M. Bordier, que les assassins soient plus souvent intelligents que les honnêtes gens ? Ce serait là une conséquence assez affligeante. Heureusement une étude plus soignée montre qu'il n'en n'est pas ainsi . Outre les renseignements que nous donne l'étude des courbes du crâne, il résulte de l'examen des pièces que *sans doute*, c'est *peut-être* (je me permets de souligner cette contradiction) à un travail pathologique tel que la sclérose cérébrale (ou développement du tissu cellulaire cérébral aux dépens des cellules et des

fibres), que semble dû ce volume considérable — au moins pour quelques individus de la série. Quoi qu'il en soit, on peut conclure de ce qui précède que les assassins examinés ont, en général, le crâne plus développé que les crânes des séries qu'on leur compare et que pour trouver des analogues à cette série, il faut remonter jusqu'à l'époque préhistorique (1). » En effet, la capacité moyenne des crânes de la caverne de l'homme mort, étudiés par M. Broca, est de 1606 centimètres cubes.

Ce résultat embarrasse visiblement M. Bordier. Nous venons de voir qu'il cherche à l'expliquer par un état pathologique du cerveau. C'est une simple hypothèse. Il remarque que la région frontale, considérée généralement comme le siège de l'intelligence, est peu développée dans les crânes d'assassins, et qu'en revanche la région pariétale qui correspondrait aux centres moteurs prend une importance notable; puis il relève quelques particularités telles que la saillie des bosses sourcilières qui les rapprocherait des crânes préhistoriques de Solutré. Et enfin, comparant ces crânes de criminels à ceux de la série de M. Le Bon, d'après leur circonférence horizontale, il montre que la gradation établie par la comparaison des volumes est maintenue, et que les crânes d'assassins occuperaient le dernier rang, bien au-dessous des domestiques et des paysans.

M. Bordier conclut de cet ensemble de faits que la moyenne des assassins présente une infériorité intellectuelle notable et qu'ils sont nés avec des caractères propres aux races préhistoriques.

« Le criminel ainsi compris est, dit-il, un anachronisme, un sauvage en pays civilisé, une sorte de monstre et quelque chose de comparable à un animal, qui né de parents depuis longtemps domestiqués, apprivoisés, habitués au travail, apparaît brusquement avec la sauvagerie indomptable de ses premiers ancêtres. On voit, parmi les animaux domestiques, des exemples de ce genre. Ces animaux rétifs, indomptables, ce sont les criminels. Le criminel actuel est venu trop tard; plus d'un, à l'époque préhistorique, eût été un chef respecté de sa tribu (2). »

Ces conclusions pourront plaire aux partisans de l'idée transformiste. Elles sont ingénieuses, mais n'ont pas d'autre portée, attendu qu'elles ne sont pas vérifiables.

A mon avis, M. Bordier est bien plus dans le vrai, quand, après avoir montré de nombreuses lésions pathologiques qui affectent les crânes de criminels (près de soixante pour cent), il en cherche la cause dans l'hérédité, et nous ne dirions pas autrement que lui quand il ajoute : « Il est probable qu'une éducation convenable corrigerait

(1). *Bull. de la Soc. d'anthrop.*, t. II ; 3e série, p. 293
(2) *Loc. cit.*, p. 297.

l'enfant qui naît avec une tendance au crime et préviendrait surtout le développement de ces tristes dispositions. »

Quoi qu'il en soit, la thèse de M. Le Bon me semble bien compromise, puisqu'à ne tenir compte que du volume du cerveau, elle donnerait la palme aux assassins dans l'échelle de l'intelligence. En revanche, les paysans et les domestiques pourraient se consoler puisqu'ils tiendraient le premier rang dans l'échelle de la moralité dont les assassins occupent l'autre extrémité.

Mais en définitive cette seconde proposition n'est pas plus admissible que la première, car l'expérience a démontré qu'un grand développement cranien n'est pas incompatible avec un très haut degré de moralité. Citons entre autres le crâne de Cuvier, l'illustre géologue, si remarquable par son volume énorme.

En résumé nous conclurons que le développement du cerveau et du crâne résulte dans une large mesure de la race et des influences héréditaires : qu'il dépend sans doute pour beaucoup de la nature du travail intellectuel, mais que la qualité peut dans certains cas compenser la quantité et, qu'à défaut de commune mesure entre les intelligences, il est impossible de justifier expérimentalement le classement proposé par M. Le Bon.

Telles sont aussi les conclusions formulées par M. Létourneau, au nom du comité de la Société d'anthropologie, qui, malgré ces réserves, a jugé le mémoire de M. Le Bon digne du prix Godard pour l'année 1879, à raison des résultats synthétiques et statistiques qu'il a coordonnés.

Les races nobles de l'Aveyron (1). — Sous ce titre, M. Durand (de Gros) résume les conclusions qui lui sont fournies par l'étude d'une collection de crânes recueillis par lui dans l'Aveyron. Ces crânes forment quatre séries distinctes. La première appartient aux temps préhistoriques ; la seconde aux temps gallo-romains ; la troisième provient d'une sépulture de Rodez, attribuée au moyen âge ; et la quatrième d'un ossuaire moderne ayant appartenu à une paroisse rurale des environs de Rodez.

Entre les sujets qui forment chacun de ces groupes l'unité est remarquable. Les crânes des trois premières séries sont volumineux et dolichocéphales ou mésaticéphales. Ceux de la quatrième sont brachycéphales et représentent le type moyen de la population aveyronnaise actuelle.

D'où vient cette différence frappante entre les séries anciennes et la

(1) *Bulletins de la Société d'anthropologie*, t. II ; 3e série, p. 421.

série moderne? M. Durand (de Gros) émet l'hypothèse que les individus dont on retrouve les restes dans les sépultures anciennes, appartenaient, à en juger par la disposition de ces sépultures, par le soin avec lequel elles étaient établies, à une classe privilégiée, à une caste dominatrice. Cette première observation amène l'auteur à en citer une autre du même ordre et qui soulève une intéressante question d'histoire anthropologique.

« Il existe, dit-il, dans l'Aveyron, un grand nombre de familles de vieille souche nobiliaire. Chez *toutes* prédomine un type spécial caractérisé par une chevelure blonde, des yeux bleus, une carnation blanche, un teint coloré et des formes sveltes associées à une taille au-dessus de la moyenne. Or, tandis que *tous* les *vieux* nobles sont blonds à peu près sans exception, la population aveyronnaise, dans son ensemble, n'offre que *deux* blonds sur *quinze* individus (1).» C'est, on le voit, un fait analogue à celui précédemment signalé. De cette opposition de types l'auteur conclut à une différence de races, et il voit dans les représentants actuels de la noblesse aveyronnaise les descendants non seulement des conquérants, Francs ou Wisigoths, mais principalement de la noblesse Gauloise.

Il croit trouver dans ce fait la solution d'une question très longuement discutée au sein de la Société d'anthropologie. Les historiens de l'antiquité peignent les Gaulois comme grands et blonds. Les Français d'aujourd'hui sont pour les neuf dixièmes bruns et de petite taille. Ne sommes-nous donc pas les descendants des Gaulois? M. Broca pense qu'il y avait en Gaule deux races, l'une blonde, dolichocéphale, établie dans le nord et dans l'est, l'autre brune, brachycéphale, établie dans le centre et dans l'ouest, c'est-à-dire dans la Celtique proprement dite. M. Durand (de Gros) n'admet pas cette distribution géographique. Il accepte bien l'existence de deux races, mais la brune représenterait l'élément populaire, tandis que les blonds des historiens auraient appartenu à une classe conquérante formant l'aristocratie militaire.

Les deux systèmes ne sont pas inconciliables. Rien n'empêche d'admettre que les populations blondes (belges et kymris) qui occupèrent en masse les régions du nord et de l'est, vers le ve siècle avant notre ère, n'aient pas étendu leur domination politique sur le reste de la Gaule. Mais, dans cette hypothèse, on ne voit pas bien ce que représenteraient les blonds de l'Aveyron qui sont brachycéphales et, dans tous les cas, leur filiation avec les anciennes races dolichocéphales n'est rien moins que vraisemblable.

Historiquement parlant, la thèse de M. Durand (de Gros) comme l'a fait remarquer M. de Mortillet, pèche par la base ; attendu que ni au

(1) *Loc. cit.*, p. 424.

moyen âge, ni dans les temps modernes, la noblesse française n'a formé une caste séparée du reste de la nation. Si quelques rares familles chevaleresques peuvent faire remonter leur filiation authentique au XIe ou au plus au Xe siècle, la grande majorité de la noblesse actuelle est sortie de la bourgeoisie et du peuple il y a moins de trois siècles. Il est vrai que M. de Jouvencel est venu prêter un appui à la thèse de M. Durand (de Gros) en prétendant rattacher la population noble de l'Aveyron, non pas aux Francs, ni aux Kymris, mais aux Wisigoths, par comparaison avec quelques familles nobles du nord de l'Espagne, dont l'origine remonterait, a-t-il dit, jusqu'au temps des invasions barbares et même au delà.

Que telles soient les prétentions de ces familles, c'est possible, mais en Espagne pas plus qu'en France, ces généalogies fabuleuses ne méritent le moindre crédit. Elles ne sont pas justifiables et l'on pourra s'étonner que, dans une société savante, présidée par un historien, M. Henri Martin, on discute encore là-dessus.

Je pourrais cependant accorder que des familles nobles, bien qu'issues de la bourgeoisie ou du peuple, à une date récente, représentassent accidentellement les anciennes races conquérantes. Il arriva en effet, vers le début des temps féodaux, qu'un grand nombre d'hommes libres, issus de l'ancienne aristocratie franque ou gallo-romaine, vaincus dans les luttes sociales, tombèrent dans le colonat et dans le servage, ou se réfugièrent dans les villes sous l'abri des restes mutilés des franchises municipales. Il serait intéressant, sans doute, de voir leurs descendants, favorisés peut-être par l'atavisme, se relever dans la suite et reconquérir leur position perdue. Mais ce sont là des faits difficilement démontrables et, pour en revenir à la thèse de M. Durand (de Gros) elle n'a donc à tous les points de vue qu'une base bien fragile. Elle signale néanmoins un champ nouveau à explorer. L'étude anthropologique des vieilles familles pourvues de traditions, de généalogies authentiques et possédant des séries de portraits, pourrait offrir un réel intérêt, à la condition d'opérer prudemment et de contrôler les données anthropologiques par des documents historiques d'une valeur certaine. Il y aurait, par exemple, à rechercher quel a été, dans le temps et dans l'espace, le rôle de la race ou des races blondes. Elles ont incontestablement révélé leur supériorité aux temps antiques et au moyen âge. Elles formaient la population des invasions belges, kymriques et germaniques. Les chefs de guerre qui conduisirent les expéditions gauloises en Grèce, à Rome, en Galatie étaient blonds. Encore aujourd'hui, dans le monde, en France, on attache volontiers à la couleur blonde une certaine idée de distinction morale, qu'on accorde plus rarement aux bruns. Cette préférence a-t-elle une raison d'être anthropologique ?

L'origine des Aryas (1). — Une question posée par M. Henri Martin, dans une des séances de la Société d'anthropologie, a été le point de départ d'une longue discussion sur l'origine des Aryas; discussion certainement prématurée dans l'état actuel de nos connaissances; mais qui a permis du moins, en attendant une solution définitive, de soumettre à une critique éclairée quelques-uns des termes du problème.

« Considérée au point de vue linguistique, disait M. Henri Martin, la famille aryenne est une; au point de vue anthropologique, elle est double. Il y a des aryas bruns et des aryas blonds. Les aryas blonds existent non pas seulement en Europe, où ils ont apporté les langues aryennes et où toutes les traditions les font venir de l'Orient, mais il y a aussi des aryas blonds dans l'Asie centrale, au nord des aryas bruns de l'Inde et de la Perse. Quelle est celle de ces deux races qui a donné à l'autre le système des langues que nous nommons aryennes ?.... Faudra-t-il admettre que les bruns et les blonds étaient déjà mêlés lorsque s'est formée la langue aryaque ? »

M. Topinard, répondant à M. Henri Martin, reconnaît qu'il y a un grand nombre de blonds aux yeux clairs et bleus, mêlés aux bruns du Turkestan oriental et de certaines parties de l'Afghanistan et de l'Inde, et leur présence est à constater surtout parmi les Galtchas et les Tadjicks, descendant des anciens aryens de langue. Mais il incline à placer le berceau de toutes les races blondes, antérieurement à la période des langues aryennes, quelque part en Europe.

M. Piètrement qui, depuis longtemps étudie l'origine des races chevalines, a été conduit à rechercher dans l'Avesta et dans le Boundehesch les textes relatifs à l'origine des races d'équidés asiatiques. L'histoire de l'une d'elles se trouve étroitement liée à celle des Aryas qui en furent les propagateurs, et voici comment l'auteur résume ses conclusions : « La première patrie des Aryas était située vers le 49e degré de latitude, aux environs du lac Balkach et ils appartenaient au type brachycéphale à cheveux bruns, dont les plus purs représentants actuels paraissent être les Savoyards et les Galtchas. Mais les récentes découvertes de l'anthropologie jointes à l'étude des littératures anciennes montrent que, dès l'époque de l'unité, avant de commencer leurs grandes conquêtes et leurs grandes migrations, les Aryas s'étaient déjà adjoint, avaient organisé, soit par la force des armes, soit par l'attrait de leur civilisation, un groupe d'hommes du type dolichocéphale, aux cheveux blonds et que ces hommes blonds ont partout suivi les Aryas. » M. Piètrement rattache les équidés de l'Asie à deux grandes races, l'une mongolique, l'autre aryenne, et croit pouvoir démontrer, à l'aide de citations nombreuses, que cette dernière s'est propagée avec la fa-

(1) *Bullet. de la Soc. d'anthrop.*, t. II ; 3e sér ; 2e et 3e fascicules.

mille humaine parmi laquelle elle a pris naissance, sur une aire géographique très étendue depuis les montagnes de l'Alatan jusqu'à l'océan Atlantique.

Nous ne discuterons point ici les documents très ingénieusement présentés, sur lesquels M. Piètrement a établi sa thèse. Il suffira de remarquer qu'ils n'ont point une valeur historique assez certaine pour en tirer des conclusions précises. Les mythes y tiennent une large place et leur interprétation reste douteuse.

A défaut de preuves historiques, les récentes découvertes de l'archéologie et de la paléoethnologie sont-elles de nature à jeter quelque lumière sur la question ? M. de Mortillet se prononce pour l'affirmative. Nous avons eu déjà l'occasion d'exposer son système que nous rappellerons en peu de mots. Depuis l'origine des temps quaternaires jusqu'à l'époque de la pierre polie, les faunes, les flores, les races humaines, le développement des industries, tout, dans l'Europe occidentale, a un caractère indigène, autochtone. Au moment où se propage en Occident l'industrie dite de la pierre polie, on voit apparaître une race humaine nouvelle, brachycéphale et en même temps l'usage de la poterie, les animaux domestiques, les céréales, les monuments mégalithiques etc... C'est pour M. de Mortillet, comme pour beaucoup d'archéologues, l'indice d'une invasion, la première qui aurait recouvert l'Europe occidentale, d'une alluvion de populations étrangères.

D'où venait cette invasion ?

La question équivaut à demander d'où venaient les animaux domestiques de l'époque de la pierre polie. D'après M. de Mortillet, ils sont représentés par six genres : le chien, le cheval, le bœuf, la chèvre, le mouton et le porc.

Tous ces animaux, à l'exception du mouton, ont des ancêtres européens à l'époque quaternaire. On pourrait donc prétendre *à priori* qu'ils sont de souche indigène, et qu'ils ont été domestiqués sur place. Mais les faits ne sont pas favorables à cette hypothèse. C'est du moins l'opinion de M. de Mortillet. « Les animaux domestiques, dit-il, apparaissent tous ensemble à un même moment, associés à une civilisation toute nouvelle. Ils ont donc été importés, tout comme la civilisation, qu'ils accompagnaient. » Il ajoute que la distribution géographique de leurs types sauvages permet de déterminer leur lieu d'origine. Or, la seule contrée où on les trouve tous réunis est cette partie de l'Asie qui s'étend entre la Méditerranée, l'Archipel, la mer Noire, le Caucase, la mer Caspienne, les limites de l'Afghanistan, le nord de la Perse et l'Assyrie. C'est de là que seraient donc partis les envahisseurs. Ils apportèrent avec eux, outre les animaux domestiques précités, trois céréales, le blé, l'orge et le seigle, et une plante textile, le lin, qui n'ont pas d'ancêtres chez nous.

Telle est la théorie de M. de Mortillet. Elle a le mérite d'être conforme

à l'ethnogénie biblique, ce qui a valu une interruption à son auteur. « J'entends un de mes collègues me dire : Vous êtes d'accord avec la Bible. Si cela est, tant mieux pour le livre. C'est un bonheur qui ne lui arrive pas souvent d'être d'accord avec la science. Je n'ai pas à me préoccuper de la Bible. Je n'ai qu'à rechercher la vérité quelle qu'elle soit. »

On voit, au ton de cette réplique, que M. de Mortillet n'est pas un témoin suspect de partialité en faveur de la vérité biblique. Il n'est donc pas inutile de prendre acte de sa déclaration.

M. Piètrement n'accepte point l'argumentation que je viens de résumer. D'après lui, il n'existe actuellement dans l'ancien continent aucune race sauvage qui puisse être considérée avec certitude comme étant la souche de nos races domestiques. Il faut recourir à d'autres considérations, si l'on veut chercher à déterminer le lieu primitif de leur domestication ; et c'est par l'examen de leur habitat actuel et de son étendue que M. Piètrement croit pouvoir résoudre la question. Quelques-unes de nos races domestiques sont restées longtemps confinées sur des aires géographiques très limitées de l'Europe occidentale. On est parfaitement autorisé à les considérer comme d'origine européenne. C'est tout récemment, et grâce aux effets de la civilisation moderne, qu'elles ont commencé à se propager en dehors de leur habitat primitif. Les seuls mammifères qui se soient beaucoup répandus sur le globe avant les temps modernes, ont été domestiqués soit par les Mongols, soit par les Aryas, soit par les Sémites. Des textes et des documents historiques en font foi. Aucun résultat de cette nature ne serait, d'après M. Piètrement, attribuable aux Européens primitifs. Les importations se seraient donc opérées d'Asie en Europe, et non pas d'Occident en Orient comme on l'a suggéré.

Cette dernière observation est une réponse à certaine théorie dont Mme Clémence Royer s'est faite le champion. Prenant le contre-pied des idées généralement reçues, et cela sans doute dans un esprit d'opposition aux idées bibliques, elle prétend qu'il faut chercher, non pas en Asie, mais quelque part en Europe la patrie de la race aryenne. Par un procédé fort à la mode depuis Darwin, Mme Royer appelle l'inconnu à son aide, et désigne comme le point de dispersion de la famille et des langues aryennes la vallée inférieure du Danube, c'est-à-dire la région la plus inexplorée au point de vue archéologique, qui soit en Europe. L'avenir fournira sans doute des documents positifs pour ou contre cette hypothèse qui, en attendant, a toute l'apparence d'un simple paradoxe anthropologique. Si en effet les déplacements ethniques s'étaient produits d'occident en orient, nos espèces domestiques indigènes au lieu de rester confinées dans des régions limitées de l'Europe se seraient répandues en Asie ; tandis que c'est tout le contraire qui a lieu, certaines

races asiatiques ayant, comme nous le disions, envahi toutes les régions occidentales.

Mme Clémence Royer répond, il est vrai, à cette objection, en faisant remarquer que l'importation en Europe d'industries ou de races domestiques fût-elle pleinement démontrée, cela ne prouverait pas qu'il y ait eu en même temps migration humaine. C'est vrai et je suis bien d'avis que les considérations archéologiques et zoologiques présentées par MM. de Mortillet et Piètrement ne suffiraient pas pour trancher toutes les difficultés de la question des origines aryennes. C'est un problème très complexe, qui réclame le concours de plusieurs sciences. Aucune d'elles n'est à même de le résoudre complètement. Mais, leurs inductions se corroborant mutuellement, on arrive ainsi progressivement à asseoir de simples probabilités sur des bases de plus en plus solides.

Le système de M. de Mortillet a subi des contradictions encore plus radicales de la part de M. de Nadaillac, qui en nie à peu près tous les points essentiels. Outre qu'il rejette la possibilité d'une invasion, c'est-à-dire de grands déplacements ethniques à l'époque reculée de la pierre polie, M. de Nadaillac n'admet pas davantage la ligne de démarcation si tranchée, établie par M. Mortillet entre les temps paléolithiques et l'époque néolithique. S'appuyant sur quelques observations isolées et sur les faits observés par M. Dupont dans les grottes de la Belgique, il considère comme certaine l'apparition de races domestiques dès l'époque paléolithique et fait remonter jusque-là la connaissance de la poterie par les Européens.

Je ne puis acccepter l'argumentation de M. de Nadaillac. Il y a au fond de toutes les sciences d'observation, un certain reliquat de faits douteux et controversés, mal interprétés ou mal observés dont il serait imprudent d'exagérer la portée. Telle est cependant la tendance d'une école archéologique, qui, voyant seulement les difficultés, s'entoure de ténèbres volontaires, exagère l'importance des documents obscurs et perd de vue toute une masse de faits très clairs et très concluants, qui dominent la question. Sans vouloir diminuer la haute valeur des recherches de M. Dupont, je dois reconnaître qu'elles se trouvent en contradiction avec les faits recueillis en France par un grand nombre d'observateurs. En pareil cas la méthode ne commande-t-elle pas de subordonner les faits particuliers aux faits généraux? Qu'on me permette, à ce propos, de citer un exemple qui m'est personnel. Depuis que je fouille la station de Solutré, c'est-à-dire depuis plus de douze ans, j'ai rencontré trois ou quatre tessons de poterie dans des foyers de l'âge du renne. Trois ou quatre tessons de quelques centimètres chacun parmi des millions de silex, d'ossements de chevaux et de rennes, est-ce là une preuve que la poterie était en usage à Solutré, à l'époque paléo-

lithique ? Est-il possible d'admettre que si les hommes qui ont entassé sur ce point une si prodigieuse accumulation de débris de toute sorte avaient connu la poterie, il n'en soit resté que ces frêles témoins ? N'est-il pas plus naturel de penser au contraire qu'ils ont été introduits accidentellement dans le gisement de l'âge du renne par suite de remaniements, plus d'une fois constatés ? Si l'on tient compte de ce que les foyers de l'âge du renne ne sont qu'à une faible profondeur au-dessous du sol, si l'on se souvient que des sépultures plus récentes ont été pratiquées sur ce point, on devra reconnaître que la dernière de ces deux hypothèses est évidemment la plus logique. Eh bien, je vois encore tous les jours ces pauvres tessons de Solutré cités comme une preuve que les hommes de l'âge du renne connaissaient la poterie. M. de Nadaillac les a invoqués contre M. de Mortillet. Sans prétendre admettre toutes les généralisations prématurées de ce dernier, je ne puis sur ce point particulier, non plus que sur la question des animaux domestiques, donner gain de cause à son contradicteur. Mes observations personnelles s'y opposent absolument.

Si nous cherchons maintenant à résumer cette longue discussion, voici, me semble-t-il, quel serait l'état actuel de la question.

A la fin de l'époque paléolitique et pendant celle de la pierre polie, on voit apparaître dans l'Europe occidentale un type anthropologique brachycéphale dont on retrouve des témoins semés depuis l'Océan jusqu'au centre de l'Asie. L'apparition de ce type correspond avec l'introduction en Occident, de la domestication, des céréales et de la poterie.

Cette race brachycéphale est-elle européenne ou asiatique ? L'aire de dispersion des animaux domestiques et des plantes cultivées qui accompagnent partout le type humain brachycéphale, fournissent de fortes présomptions en faveur de son origine asiatique.

Au type anthropologique brachycéphale on trouve partout associé, dans les populations actuelles d'Asie ou d'Europe, un type blond dolichocéphale dont l'origine reste douteuse. Peut-être a-t-il pris naissance en Europe.

Si nous interrogeons la linguistique, nous apprenons que les langues dites aryennes ou indo-européennes, forment une même famille issue d'une langue mère. Or, comme l'a fait remarquer M. Girard de Rialle, au cours de la discussion, les idiomes aryens les moins éloignés du type primitif sont précisément ceux qu'on parle en Asie. C'est donc en Asie qu'il faut vraisemblablement rechercher la patrie naturelle de l'aryaque primitif.

Ajoutons enfin que toutes les traditions des peuples européens les font venir d'Orient. Toutes les probabilités tendent donc dans ce même sens.

Ici pourtant se présente une difficulté. Les linguistes et notamment

MM. Pictet et Max Muller ont tiré de l'étude comparée des idiomes indo-européens, cette conclusion que les aryens primitifs connaissaient les métaux avant leur dispersion. Les noms qui les désignent sont en effet communs aux différentes familles linguistiques indo-européennes. Comment concilier cette donnée avec ce qui s'observe en Europe où les premières migrations présumées aryennes seraient arrivées à l'époque de la pierre polie ?

M. Bataillard a suggéré que les aryens primitifs, tout en connaissant l'usage des métaux, pouvaient bien ne pas être métallurgistes, et que la métallurgie fut, dans le principe, l'apanage exclusif de populations chamitiques. Sans discuter la valeur des citations invoquées par M. Bataillard à l'appui de ce système, je rappellerai seulement que je soutiens depuis longtemps une thèse analogue. Les plus anciennes traditions européennes nous font connaître des peuplades ou des clans de métallurgistes qui paraissent avoir conservé longtemps à leur profit le secret de leur industrie. En sorte que des populations d'émigrants, séparées par de longues distances de ces centres de production, ont bien pu arriver dans l'Europe occidentale, avec l'outillage primitif caractéristique de l'industrie néolithique, à une époque où les métaux étaient déjà connus.

ADRIEN ARCELIN.

SCIENCES AGRICOLES.

Rendement de la récolte de 1879. Statistique. — Les renseignements qui nous arrivent de la plupart des pays d'Europe sur le rendement de la récolte de 1879, sont peu satisfaisants. La récolte est mauvaise ou médiocre en France, en Belgique, en Angleterre, en Hollande, en Italie, en Autriche-Hongrie. Elle est satisfaisante en Allemagne, en Suisse, en Espagne; assez bonne en Turquie et en Russie. Ce dernier pays pourra probablement exporter 10 à 15 millions d'hectolitres de blé. Quant aux États-Unis leur exportation dépassera celle de l'an dernier de 12 à 14 millions d'hectolitres. La récolte est estimée à 148 millions d'hectolitres ; la consommation ne s'élève qu'à 87 millions pour une population de 48 millions d'habitants.

La Belgique présente un déficit d'environ 4 millions d'hectolitres, la France de 15 millions, l'Angleterre de 52 millions; tandis que la Russie

nous offre un excédant de 15 millions, et la Turquie de 61 millions d'hectolitres. Il y aurait donc excédant de 5 millions d'hectolitres. En Belgique, d'après le *Moniteur*, le produit total des céréales s'élève, année moyenne, à 15 418 000 hectolitres; or, la production totale de ces denrées en 1879 n'est que de 13 561 225 hectolitres, soit un déficit de 1 886 818 hectolitres. Quant aux pommes de terre, leur produit, année moyenne, s'élevant chez nous à 30 500 000 hectolitres environ, celui de 1879 s'élève seulement à 18 339 479 d'hectolitres : soit un déficit de 12 206 894 hectolitres qui sera comblé par la France et l'Allemagne.

Fixation de l'azote. — Nous avons consacré dans ces colonnes (1) une monographie complète à l'étude de la fixation de l'azote par le sol et par les feuilles. Nous avons montré comment, d'après les observations de Schlœsing et Berthelot, la terre prend à l'atmosphère plus d'ammoniaque qu'elle ne lui en cède continuellement, comment l'azote de l'air se combine directement à l'hydrogène sous l'influence de l'électricité atmosphérique à la tension ordinaire. Depuis lors M. Grandeau a institué des cultures simultanées de végétaux exposés, les uns à l'air libre, et les autres entourés d'un treillis en fil de fer qui, sans intercepter l'air et la lumière, arrêtait les effluves électriques qui se portent à la surface des corps conducteurs. Or, ces dernières plantes eurent toutes une végétation languissante, tandis que les autres croissaient normalement. Cependant il n'est pas encore permis de tirer de ces expériences des conclusions définitives, car de nouvelles expériences instituées par M. Naudin, sur d'autres plantes il est vrai, infirment partiellement ces résultats.

Engrais chimiques.—M. Ladureau, directeur du laboratoire de l'État et de la Station agronomique de Lille vient de communiquer à la Société des agriculteurs de France (2), un rapport sur le rôle des engrais chimiques dans la culture intensive. Il constate que l'agriculture française, pour suffire aux exigences toujours croissantes de cette culture qui peut seule lui permettre de soutenir la concurrence étrangère, envoie, chaque année, une véritable flotte chercher à quelques milliers de lieues les matières fertilisantes qui lui manquent ; guanos du Pérou, salpêtres du Chili, résidus animaux des Pampas, etc.; tandis qu'elle fouille le sol pour y découvrir des gisements de phosphates minéraux ou fossiles, et qu'elle ra-

(1) Tome III, p. 647.

(2) *Bulletins de la Société des agriculteurs de France*, 15 novembre 1879.

masse partout des résidus d'origine animale pour les transformer en sulfates d'ammoniaque.

Le nord de la France est la région la plus avancée au point de vue de la culture intensive. Les expériences de MM. Ladureau, Pagnoul, Correnwinder, Bopierre, Lawes et Gilbert ont mis en lumière la grande supériorité que présentent les engrais chimiques à décomposition rapide sur tous ceux qu'employait la culture jusqu'à cette époque, et notamment sur l'engrais de ferme.

Toutefois M. Ladureau affirme que l'engrais de ferme sera toujours la base de la culture intensive, parce qu'il exerce sur le sol une action *physique* remarquable. Il ameublit le sol, le rend plus léger, plus perméable à l'air, à la lumière, à l'eau, à tous les agents atmosphériques sans lesquels il n'y a pas de végétation possible. Enfin par sa décomposition il engendre les matières ulmiques, dont le baron Thénard et les chimistes modernes ont mis en lumière le rôle important au point de vue de l'absorption et de la nitrification aux dépens de l'azote atmosphérique.

M. Ladureau en conclut que le rôle complexe du fumier ne peut être remplacé que par des engrais minéraux et organiques combinés, tels que les mélanges de matières organiques azotées avec du nitre et des phosphates assimilables. Rappelons à ce propos les excellents résultats que l'on a obtenus en mélangeant les phosphates pulvérisés au purin qui les dissout et aux algues marines, goëmons, varech, etc. que l'on ramasse en si grande quantité sur le littoral de la Manche.

M. Ladureau fait un grand éloge des engrais mixtes dont plusieurs fabriques vendent annuellement plusieurs millions de kilogrammes. Les matières organiques qu'ils contiennent restituent à la terre, par une décomposition lente, l'azote à mesure du besoin, tandis que les phosphates, les nitrates et la potasse se présentent sous une forme immédiatement soluble et assimilable.

Un des grands avantages des engrais chimiques est de pouvoir être dosés pour ainsi dire mathématiquement, et de permettre aux cultivateurs de graduer la nourriture des plantes à proportion de leurs besoins et de les employer au moment des semailles, ce qui est nécessaire quand les mauvais temps ont empêché de confier l'engrais au sol en temps voulu. L'expérience a montré en effet que les pluies entraînent les engrais solubles en pure perte dans les couches profondes du sol.

M. Ladureau insiste beaucoup sur la nécessité d'employer ces engrais avec discernement. Autant les résultats qu'ils produisent sont merveilleux quand ils ont été préparés par des mains expérimentées, autant ils sont dangereux et nuisibles quand l'ignorance les emploie . Ainsi certains cultivateurs émerveillés des résultats obtenus par leurs voisins au moyen du nitrate de soude pour les betteraves et du sulfate d'ammoniaque pour le blé, n'ont réussi qu'à produire la verse et des qualités de

betteraves très inférieures. Chose beaucoup plus grave, leur terre subit, par l'emploi irréfléchi de ces engrais, une altération profonde qui se fait sentir pendant plusieurs années, parce que, l'humus étant brûlé, les matières minérales du sol s'agglomèrent sous l'influence des pluies; le sol se tasse, devient blanchâtre et imperméable à l'eau, à l'air, à la lumière de telle sorte qu'il faut presque le travailler à la pioche. Ces effets désastreux paraissent devoir être attribués surtout à l'excès du nitrate de soude; mais ils se produisent partiellement par l'emploi abusif et exclusif des engrais chimiques en général, ce qui met nettement en lumière le rôle et l'utilité de l'humus dans le sol et la nécessité d'y introduire des matières organiques. Les phosphates empêchent la verse des céréales et combattent efficacement l'effet de l'abus des engrais azotés, mais leur emploi à haute dose sur les terres riches produit parfois des mécomptes dont M. Ladureau a été témoin.

M. Ladureau conclut que la fabrication des engrais à la ferme n'est avantageuse que dans les grandes exploitations dirigées par des hommes instruits et où l'on dispose du matériel et de la force motrice suffisante. Il termine en mettant les cultivateurs en garde contre les fraudes des marchands qui introduisent de la terre et de la brique pilée dans leurs engrais et séduisent par des offres de vente à bon marché.

Analyse et composition du maïs. — Depuis deux ans l'attention des sociétés agricoles se porte sur le *maïs* qui constitue un excellent fourrage pour le bétail lorsqu'il est récolté en vert et ensillé (1), et dont les graines forment en Amérique la base de l'alimentation des chevaux. Rappelons à ce sujet les remarquables travaux publiés en 1877 dans le *Journal de l'agriculture* et dans les bulletins de la *Société centrale d'agriculture de France*, par MM. Guyot, Samson, de Gasparin, Hervé Mangon, travaux qui démontrent que si le maïs peut suffire en Amérique à l'alimentation du cheval comme l'orge lui suffit en Afrique, il ne peut dépasser sans danger en Europe le quart de la ration. L'analyse chimique a prouvé que si le maïs est plus riche en graisse et matières amylacées que l'orge et l'avoine, il est par contre très pauvre en phosphates et contient moins d'aliment plastique, c'est-à-dire d'albumine. Toutefois le grain de maïs, qui forme une véritable petite boule de graisse et donne une excellente farine, constitue un aliment respiratoire de premier ordre. Un ingénieur italien a trouvé dans ces derniers temps un procédé fort ingénieux, pour séparer la matière grasse de la matière amylacée (2).

Le grain de maïs renferme, dans la proportion de 3 à 4 pour cent de son

(1) *Revue des questions scientifiques*, tom. II. p. 340.
(2) *Revue des industries chimiques et agricoles*, 1re année 1879.

poids, une huile que l'on retrouve dans la farine obtenue par trituration. Cette farine s'altère rapidement par suite du rancissement de l'huile. Le procédé Chiozza consiste à plonger pendant un certain temps le maïs en grains au contact d'une dissolution de gaz sulfureux ; le périsperme du grain abandonne peu à peu à la dissolution une matière résino-albumineuse phosphatée à laquelle le grain de maïs doit sa dureté ; le germe au contraire n'éprouve aucune altération de ses propriétés physiques. La matière abandonnée par le périsperme et représentant environ 6 pour cent de son poids, paraît jouer le rôle de ciment entre les grains d'amidon et le réseau de gluten qui constituent ce périsperme. Par suite de ce traitement, le grain de maïs a éprouvé un ramollissement complet. Il suffit alors de le soumettre à une légère pression pour séparer le germe, sans le diviser, du périsperme réduit en farine. On parvient ainsi, au moyen de procédés mécaniques les plus élémentaires de broyage, de tamisage et de séchage, à obtenir d'un côté les germes huileux presque intacts mélangés aux pelures, de l'autre la farine pure que les mailles du tamis peuvent débiter en grains d'une finesse extrême.

Tandis que la farine ordinaire de maïs contient, d'après les analyses de Payen, 28 pour cent d'amidon et 3 pour cent de matières grasses, celle de M. Chiozza exempte d'huile, est d'une blancheur remarquable et se conserve indéfiniment. Les déchets de fabrication contiennent des phosphates et des matières azotées. En les précipitant par l'eau de chaux on obtient un engrais de grande valeur, très riche en azote, en phosphate et en sulfate de chaux.

A. Proost.

GÉOGRAPHIE.

Europe. — L'histoire nous apprend que, même après des guerres longues et dispendieuses, l'empire d'Autriche s'est toujours relevé dans un temps relativement court. La raison de ce phénomène doit être cherchée dans les ressources naturelles que possèdent la plupart des contrées qui le composent. En effet, aucun état de l'Europe, si l'on en excepte la France, ne peut rivaliser avec les pays qui forment l'empire austro-hongrois sous le rapport de la variété du climat, du sol et des productions.

Nous croyons être agréable à nos lecteurs en empruntant quelques

détails sur ce sujet au dernier ouvrage (1) de M. Albertus, un des auteurs qui connaissent le mieux l'empire d'Autriche.

Bien qu'une grande partie de la contrée soit extrêmement montagneuse, le sol productif y est de 93 p. c. en Cisleithanie et de 83 p. c. en Transleithanie ; il est vrai que seulement 30 p. c. de ces terres sont consacrés à l'agriculture, par suite de l'immense étendue des pâturages dans les Alpes, et des forêts considérables qui couvrent la Bukowine, la Styrie, la Carinthie, la Carniole, la Croatie et la Transsylvanie. Dans la Bohême, la Moravie, la Silésie et la Galicie la moitié du territoire est livrée à la charrue ; ajoutons que, dans cette dernière province, un grand nombre de forêts et de prairies pourraient être converties en terres arables, et que le long de la Save et en divers endroits de la Hongrie, d'excellentes terres d'alluvion sont encore couvertes de bois ou forment des marécages qui desséchés produiraient les plus belles récoltes.

Les arbres fruitiers sont très nombreux, et en 1872 on exporta 410 000 quintaux de pommes et de prunes.

Dans la partie méridionale de l'empire on cultive avec succès le figuier, l'oranger, l'olivier, le citronnier, le mûrier blanc, le riz et le maïs. Les oliviers de la seule Dalmatie donnèrent en 1874, 254 000 hectolitres d'huile excellente.

L'Autriche est avec la France, le pays de l'Europe le plus propre à la culture de la vigne. La production annuelle du vin ne s'élève aujourd'hui, il est vrai, qu'à 23 millions d'hectolitres ; mais elle pourrait doubler, et le vin pourrait gagner en qualité, car, sauf dans quelques vignobles renommés de la Basse-Autriche et de la Hongrie, la viticulture y est partout dans l'enfance, et le vin traité avec peu de soin.

La plupart des pays de la couronne sont très propres à l'élève du bétail ; mais cette branche si importante de l'économie rurale est généralement négligée, et l'Autriche qui pourrait être ici à la tête des grands états de l'Europe, a, proportionnellement à son étendue, le moins de chevaux, de moutons et de bêtes à cornes ; la Russie seule vient après elle.

L'intérieur du sol ne le cède pas en richesse à la surface ; on y trouve tous les métaux depuis le fer jusqu'à l'or. On estime la valeur annuelle de la production de l'or à 5 000 000 fr. et celle de l'argent à 7 500 000 fr. En outre, on exploite en quantités assez importantes le mercure, le cuivre, le plomb, l'étain, l'antimoine, le soufre, le graphite, l'alun et l'huile de pétrole, et l'on trouve presque partout en masses considérables le minerai de fer.

Personne n'ignore que les mines de sel des Karpathes passent pour inépuisables. En outre, on a constaté en différents endroits assez éloignés les uns des autres, la présence de la houille et de l'anthracite, et il

(1) *Oesterreichs innere Politik.*

paraît certain que le diamant noir s'y trouve en quantité suffisante pour que la grande industrie, si elle se développait en Autriche comme dans l'Europe occidentale, puisse lutter avec succès.

En un mot, si l'on en excepte les denrées coloniales, les pays qui forment l'empire autrichien produisent abondamment tout ce qui est nécessaire à la vie, et pourraient amplement se suffire. Ajoutons que les deux tiers se trouvent dans le bassin du Danube, fleuve navigable dans toute sa longueur et la plus grande artère de l'Europe centrale, et qu'en outre l'Istrie et la Dalmatie lui donnent, sur la Méditerranée, près de 1500 kilomètres d'une côte riche en mouillages et en ports de mer excellents.

Asie. La Chine va devenir une puissance maritime commerciale. Une Compagnie d'armements vient de se constituer à Péking ; elle a pour but d'établir un service de steamers entre Chang-Hai, San-Francisco et Panama. Ses principaux actionnaires sont des mandarins et de riches négociants ; le directeur est un chinois né à Singapour nommé Ton-sen-Ling ; il possède une très grande fortune et parle couramment l'anglais. C'est un homme très intelligent, qui désire prolonger le service dans divers ports de l'Amérique du sud. L'émigration chinoise se fera par la nouvelle ligne. (*Exploration.*)

— La *Gazette de Moscou* a reçu la dépêche suivante datée de Katty-gourgan, 7 octobre, au sujet de l'expédition scientifique de l'Amou Dariah.

« L'expédition s'est divisée en deux parties à Termès : l'une composée de MM. Mousketov, Sorokine, Karazine et Sokolovsky, s'est rendue par eau à Petro-Alexandrovsk ; l'autre a descendu les rivières de Sourkhan et Kafirnaghan jusqu'à Kabadian pour arriver également à Petro-Alexandrovsk. L'expédition a exploré les rivières de Sourkhan, de Kafirnaghan et de Vaksch ; elle a levé un grand nombre de plans et recueilli des renseignements précieux sur le lit desséché de l'Amou depuis Kelef jusqu'à l'Ouzboï ; elle a rassemblé d'importantes collections zoologiques et fait des observations barométriques et thermométriques. M. Zoubov a atteint le point extrême où le Pandji cesse d'être navigable.

— La capitale du Japon, la ville de Tokio a vu naître cette année une Société de géographie. Elle doit son établissement surtout à M. Hiromoto Watanabe, qui a longtemps habité la ville de Vienne, où il s'était fait recevoir membre de la Société I. R. de géographie. La nouvelle Société compte déjà une centaine de membres et a pour président le prince impérial Kita Schirakawa. (*Mittheilungen de la Société géographique de Vienne.*)

Afrique. Le roi Jean d'Abyssinie paraît vouloir suivre les traces du fameux roi Theodoros qui vit son empire détruit en 1868 par une expédition anglaise.

Les Anglais, contents de leur victoire, se retirèrent aussitôt et abandonnèrent le pays à ses destinées. Il s'y forma bientôt deux royaumes : celui de Tigré au nord, et celui d'Amhara, au centre. Au sud, le royaume de Choa redevint indépendant ; dans ce dernier règne aujourd'hui Menelik, qui se prétend de la race de Salomon et auprès de qui s'est rendu le comte Antinori avec la mission italienne. Ce prince vient d'abolir l'esclavage dans ses états et désire ardemment entrer en relations commerciales avec l'Europe ; malheureusement son royaume est séparé de la mer par les déserts des Adels et les villes turques qui occupent les côtes. L'Amhara a pour roi un prince indigène nommé Jean qui a pris l'ancien titre de Negus de l'Éthiopie, se prétend le successeur légitime des anciens empereurs et aspire à la souveraineté sur le pays tout entier. Depuis le XVIe siècle la côte, qui formait autrefois un royaume tributaire de l'Abyssinie, a été occupée par les Turcs ; aujourd'hui elle l'est par les Égyptiens, qui travaillent à étendre leur influence vers l'intérieur. Le roi Jean est allé les attaquer et leur a fait subir une sanglante défaite à la fin de 1875.

Bien que l'on n'en soit plus venu aux mains depuis, l'état de guerre n'a pas cessé d'exister entre l'Égypte et l'Abyssinie. Le Khédive voulant en finir a envoyé le colonel anglais Gordon-pacha, gouverneur général du Soudan égyptien, pour entrer en négociation avec le roi Jean. Celui-ci n'a pas permis que l'ambassadeur franchît la frontière occidentale, et a exigé qu'il arrivât par la mer Rouge et Massâoua. Lorsque Gordon-pacha fut enfin arrivé au camp du roi, celui-ci lui dicta les conditions suivantes : L'Égypte payera deux millions de livres sterling pour frais de guerre, et cédera en outre la Nubie, le Soudan, la ville de Massâoua et toute la côte de la mer Rouge. Sinon la guerre continuera jusqu'à ce que l'Abyssinie soit rentrée dans ses anciennes limites historiques, qui sont celles qu'il revendique. On comprend que le représentant de l'Égypte n'a pu accepter ces conditions draconiennes. D'après certains bruits, le roi Jean aurait depuis considérablement diminué ses prétentions. Quoi qu'il en soit, le Khédive a fait établir un cordon de troupes sur les frontières de l'Abyssinie, et a envoyé dernièrement un nouveau bataillon à Massâoua pour renforcer la garnison de cette ville. (*Neue Zeitung.*)

— Les dernières nouvelles du Soudan égyptien sont des plus intéressantes. Malgré les déclarations et les décrets du Khédive, malgré les efforts de ses fonctionnaires européens, les chasses aux esclaves continuaient dans les régions du haut Nil. Le grand pourvoyeur des marchés de ce bétail humain était Souleiman Siber, dont les bandes composées de tous les mauvais sujets des diverses peuplades africaines, armées à

l'européenne, faisaient des razzias chez toutes les tribus nègres de l'Afrique centrale. L'année dernière il déclara solennellement à Gordon-pacha qu'il voulait être le sujet loyal du Khédive et promit de cesser ses courses ; mais à peine le gouverneur était-il hors de vue que la chasse à l'homme recommença. Le voyageur italien, Gessi, entré au service du Khédive, marcha alors contre le rebelle et le vainquit en onze combats dont le dernier, livré le 17 avril dernier, ne dura pas moins de onze heures et demie ; malheureusement les munitions commençant à manquer aux soldats égyptiens, Souleiman parvint à s'échapper avec huit cents hommes ; les autres étaient tombés sur le champ de bataille ou avaient par milliers abandonné une cause qu'ils considéraient comme désespérée. Quatre jours après, le *sériba* où il s'était réfugié fut pris d'assaut et tous ses partisans furent massacrés jusqu'au dernier. Souleiman seul put se sauver grâce à la rapidité de son cheval. Il s'est dirigé du côté de Dar Benda, mais sa puissance est brisée à jamais, et l'on peut espérer que l'esclavage se trouve supprimé dans l'Afrique centrale, où il était surtout entretenu et alimenté par la chasse à l'homme qui a désolé tous ces pays durant plus de trente ans.

On a trouvé parmi les papiers de Souleiman tout un plan de révolte contre l'Égypte. Il avait l'intention de se faire souverain indépendant des possessions égyptiennes dans l'Afrique centrale. Gessi, qui par son énergie a sauvé le pouvoir du Khédive dans le pays des noirs, a obtenu une récompense pécuniaire de 2000 livres sterling et le titre de pacha, son lieutenant Yousouf, un simple Dongoli, a obtenu le même titre et une somme de 1000 livres. (*Mitth. de la Soc. de géogr. de Vienne.*)

—Les dernières nouvelles reçues de nos compatriotes sont extrêmement favorables et donnent lieu d'espérer que l'entreprise de la Société internationale réussira malgré tous les obstacles qu'elle a rencontrés à son début. M. Cambier est arrivé sain et sauf aux bords du lac Tanganyika. C'est dans le pays d'Oufina près du village de Kirema qu'il va établir la première station hospitalière. A la suite d'un traité avec le sultan du pays, un terrain d'un millier d'hectares est devenu la propriéte de l'Association internationale.

MM. Dutalis et Dutrieux ayant dû revenir en Europe pour cause de santé sont remplacés par MM. Burdo (1) et Roger qui ont quitté Bruxelles

(1) Adolphe Burdo est un ancien sous-lieutenant aux zouaves pontificaux, décoré de Mentana. Nous croyons devoir rappeler un beau trait de sa carrière militaire. En 1867 il se trouvait, avec son frère et quelques zouaves, détaché à Albano, lorsque le choléra y eclata. Tous ceux qui en avaient le moyen, les médecins eux-mêmes, se hâtèrent d'abandonner la malheureuse ville. Les zouaves restèrent à leur poste pour soigner les malades et ensevelir les morts. Les frères Burdo se distinguèrent entre tous et reçurent, en récom-

le 10 décembre. Ils sont accompagnés d'un gentleman anglais, Carthenead, qui sera spécialement chargé de la conduite des éléphants sous la direction de M. Carter. Ils seront rendus à Zanzibar dans la première huitaine de janvier. MM. Mac Kinnon et Sanford ont mis gracieusement à la disposition de l'Association internationale vingt-cinq ânes de Zeila, destinés à remplacer un certain nombre de porteurs indigènes ; on sait que la morsure du terrible tsetsé n'a aucune puissance sur l'âne. Ces animaux arriveront en même temps que les voyageurs. Lorsqu'ils auront rejoint M. Cambier, celui-ci décidera quels sont les membres de l'expédition qui devront passer le lac et se rendre à Nyangwé, sur le Loualaba.

L'Association, qui jusqu'aujourd'hui avait borné ses efforts à la côte orientale, a organisé également une expédition destinée à pénétrer à l'intérieur de l'Afrique par l'ouest. Elle est commandée par le célèbre voyageur Henry M. Stanley; il va remonter le fleuve qu'il a si glorieusement descendu en 1877, et se trouve à la tête d'une nombreuse caravane, composée en grande partie d'artisans belges, et, comme nous l'avons dit dans notre avant-dernière revue, il est muni d'un matériel complet que transportent sur le Congo quatre petits steamers partis d'Anvers. La caravane de Stanley a déjà payé son tribut au climat de l'Afrique ; les journaux annoncent que M. Hubert Joseph Petit, mécanicien au service de l'expédition, est mort à Massuko, le 30 septembre dernier ; il était âgé de 35 ans. Son enterrement a eu lieu à Emboma, sur les bords du Congo.

Amérique. — Dans la dernière séance de la Société de géographie de Paris (29 décembre 1879), le Dr Crevaux a donné de longs détails sur son voyage à l'Oyapock. Nous détachons de son discours les détails qu'il donne sur une cérémonie superstitieuse, en usage chez les Roncoyennes, ayant pour but d'examiner les jeunes gens en âge de se marier, et d'éprouver leur courage à supporter les privations et les souffrances. Elle porte le nom de *maraké.*

Un grand nombre d'étrangers étaient invités à la cérémonie. On passe l'après-midi à ranger les costumes de danse et particulièrement des chapeaux couverts de plumes, qui sont d'un effet ravissant. La danse

pense de leur dévouement, une médaille du pape et la croix du roi de Naples. Lorsque, quelques années plus tard, Charles Burdo revint à Albano, il fut reconnu, et ne put échapper que par la fuite à l'ovation que la population voulait lui faire.

Dans notre prochaine Revue nous parlerons du voyage d'Adolphe Burdo au Niger et au Bénoué, voyage où il a également fait preuve de résolution et d'énergie.

commence au coucher du soleil et dure jusqu'au jour. Les hommes et les femmes font des évolutions à la lueur de grands feux, en s'accompagnant de chants qui célèbrent leurs amours et leurs exploits guerriers.

Les jeunes gens, placés en rond autour d'un trou recouvert d'une grande écorce, frappent tous en cadence avec le pied droit sur cette espèce de tambour qu'ils raidissent avec le pied gauche, et à chaque mouvement ils tirent un son bref d'une trompette en bambou.

Au lever du soleil, les danseurs quittent leurs costumes, et aussitôt commence le supplice du maraké. Trois hommes saisissent le candidat au mariage : l'un tient les jambes, l'autre les bras, tandis que le troisième lui renverse fortement la tête en arrière. Le chef lui applique sur la poitrine une centaine de fourmis qui sont retenues dans un treillis sur le milieu du corps. Une même application est faite sur le front avec des guêpes. Tout le corps est ensuite piqué alternativement avec des fourmis et des guêpes.

Le patient tombe infailliblement en syncope; il faut qu'on le transporte dans son hamac, comme un cadavre. On l'y amarre solidement avec des tresses qui tombent de chaque côté, et on fait un petit feu dessous.

Le supplice continue sans interruption ; les malheureux patients sont apportés au fur et à mesure dans une hutte commune. La douleur fait faire à chacun des mouvements désordonnés; les hamacs balancent dans tous les sens et déterminent des vibrations qui font remuer la hutte au point de faire croire qu'elle va s'écrouler.

Les jeunes gens qui ont reçu le maraké doivent garder le hamac pendant quinze jours et ne peuvent manger, durant ce temps, qu'un peu de cassave sèche et de petits poissons rôtis sur la braise.

Personne ne peut songer à se marier à moins d'avoir subi ce supplice atroce.

L. D.

HYGIÈNE.

Intermittence des battements du cœur due au tabac (1). — Déjà en 1864, sur 81 grands fumeurs le Dr Decaisne en avait trouvé 21 présentant cette intermittence. Il a depuis porté ses recherches sur

(1) Voir *Prog. médical*, 1er nov. 1879. Société de médecine publique et d'hygiène professionnelle.

deux autres catégories de fumeurs comprenant l'une des enfants, l'autre des femmes. Dans le premier cas, il a constaté encore l'intermittence avec des palpitations et de la chloro-anémie ; dans le second, c'est-à-dire sur 43 fumeuses, il en trouva 8 présentant le même symptôme ; presque toutes souffraient de trouble de la menstruation et de la digestion. Cette intermittence du pouls chez les consommateurs de tabac serait-elle une pure coïncidence? Il est très probable que non, puisque tous les moyens employés pour la combattre restaient inefficaces, tandis qu'elle cédait à la seule suppression du tabac.

Les ferments digestifs et leur mode d'administration. — Les spécialités pharmaceutiques jouent aujourd'hui un grand rôle en médecine. Il est donc intéressant de savoir quel degré de confiance elles méritent. Il en est certes dont la substance active, administrée sous une forme agréable, conserve la totalité de son action ; tandis que d'autres, au contraire, neutralisent plus ou moins cette même substance par la nature de l'excipient auquel on l'associe. M. Vulpian (1) a fait une étude spéciale des ferments digestifs : pepsine, pancréatine et diastase végétale, et il résulte de ses expériences d'abord que toutes les pepsines sont loin d'avoir la même puissance digestive dans les digestions artificielles, que l'addition de l'alcool à une solution de pepsine acidifiée, ou à du suc gastrique naturel ralentit l'action de cette pepsine ou de ce suc et que, par conséquent, c'est un tort d'administrer la pepsine sous forme de vin ou sous forme d'élixir. Quant à la diastase et à la pancréatine, l'eau pure est le véhicule qui conserve le mieux leur puissance digestive. M. Mourrut, dont les études ont porté sur le même sujet, trouve que la réaction acide des liquides retarde l'action de la diastase et annule celle de la pancréatine. Sans dénier toute valeur digestive aux élixirs ou aux vins chargés de pepsine, aux liquides acides renfermant de la diastase ou de la pancréatine, on peut au moins avancer que ces préparations ne sont point les meilleurs modes d'administration des ferments dont nous venons de parler.

Propagation de la fièvre typhoïde par le lait. — Que cette transmission ait lieu, c'est chose aujourd'hui démontrée. Après les Drs Taylor de Penrith et Bell de Glascow, le Dr Balard d'Islington a pu observer une épidémie d'une centaine de cas compris uniquement dans la clientèle d'une laitière. L'eau dont elle se servait pour laver les vases et peut-être pour étendre son lait, provenait d'une fosse souillée par des matières excrémentitielles. Aussi l'interdiction du débit d'un pareil lait fut-

(1) Voir *Bulletin de l'Académie de médecine*. Séance du 2 août 1879.

elle suivie de près par la disparition de l'épidémie. A Marylebone, des cas de fièvre se montrèrent dans des conditions analogues. Dans certaines familles, ceux qui ne prenaient pas de lait ou qui faisaient usage de lait bouilli furent seuls préservés de la maladie. On apprit par l'enquête à laquelle ces faits donnèrent lieu que le lait provenait d'une ferme dont le puits avait été contaminé par les déjections d'un typhique. Aussi à Londres le choix du lait est-il confié à une société d'hommes compétents chargés d'en faire l'analyse, du moins quant à la quantité d'eau qu'il renferme. On ne le prend que dans des fermes modèles, soumises à l'inspection journalière et où le lavage des vases à l'eau bouillante est de rigueur (1).

Voie d'absorption du plomb dans l'intoxication saturnine (2). — L'absorption du plomb en quantité suffisante pour amener une intoxication paraît certaine par les voies digestives. Ainsi M. Potain a vu succomber à un empoisonnement un individu qui avait avalé des balles de plomb. Un autre présenta des signes non douteux d'intoxication pour avoir voulu se purger avec de la grenaille de plomb.

La voie pulmonaire ne donnerait pas la même certitude d'arriver à l'intoxication, et l'on pourrait rapporter aux vapeurs de térébenthine les prétendus empoisonnements par le plomb survenus à la suite d'un séjour dans une chambre fraîchement peinte. Les ouvriers qui travaillent dans les fabriques de céruse, par conséquent dans un air chargé de fines particules de ce poison, ne s'intoxiqueraient donc point directement en le respirant. Il paraît difficile de l'admettre. Cependant l'expérience suivante n'est pas sans valeur : si on fait la trachéotomie à un animal pour lui injecter du plomb et qu'on lie la trachée au-dessus de la canule, il n'y aura pas d'empoisonnement. Si on néglige de faire la ligature au-dessus de l'instrument, l'animal pourra s'empoisonner, mais c'est parce que en toussant il refoule jusque dans le pharynx des particules qu'il avale ensuite.

Les muqueuses digestive et pulmonaire ne sont point les seules que l'on pourrait accuser d'absorber le plomb. M. Potain croit pouvoir rapporter à une injection vaginale d'eau de Goulard des phénomènes d'intoxication qu'il a observés. La muqueuse uréthrale, elle aussi, a été incriminée par Miahle.

En dehors des muqueuses on a accusé les plaies, les brûlures pansées avec les diverses préparations de plomb d'avoir occasionné des accidents.

(1) Voir *Journal de médecine pratique*. Communication du Dr Hart au congrès d'Amsterdam.

(2) Clinique du professeur Potain. V. même journal, p 442.

On a même pensé parfois au séjour de grains de plomb ou de balles dans les chairs.

Et quant à la peau intacte, il est certain qu'elle peut absorber le poison : témoin l'insensibilité localisée aux joues chez des acteurs qui se fardaient au minium ; l'insensibilité de l'avant-bras chez des ouvriers qui portaient des lingots de plomb. On pourrait d'ailleurs citer une foule d'exemples. Mais cette absorption par la peau intacte est-elle suffisante pour déterminer un empoisonnement général? Il est difficile de se prononcer, car cette absorption cutanée coïncide toujours avec celle de quelque autre voie. Ce qui est certain, c'est qu'une manifestation fréquente de l'intoxication plombique, la paralysie, atteint de préférence les muscles surmenés, et que l'anesthésie cutanée concourt puissamment à troubler l'action musculaire dans les régions anesthésiées.

Enfin il résulte de cette étude que M. Potain considère l'absorption du plomb par les voies digestives comme la cause la plus importante de l'empoisonnement saturnin, et par conséquent celle qu'il faut le plus éviter.

Du choix des stations hivernales dans les maladies du cœur.— Les affections cardiaques, si souvent de nature rhumatismale, demandent naturellement à être soustraites à l'influence d'un climat froid et humide. La conduite du médecin ne devra cependant pas être rigoureusement la même dans tous les cas. Ainsi l'endocardite est-elle récente, il n'est pas douteux qu'un air calme et tempéré ne soit de nature à arrêter les progrès du mal. Parfois même il pourra le faire disparaître entièrement. Dans les cas d'affections anciennes, les régions méditerranéennes pourront encore faire bénéficier le malade de leur influence antirhumatismale. Il est bon cependant de faire ici une distinction. Les bords de la mer seront choisis de préférence pour les lésions des valvules mitrales. On a remarqué qu'ils provoquent des vertiges et de l'ataxie dans les maladies aortiques. Ces dernières au contraire se trouvent mieux du séjour sur les collines.

Enfin à la toute dernière période, il ne faut plus songer au déplacement. Les inconvénients qu'il amène ne peuvent que précipiter l'issue funeste de la maladie. Telles sont les idées émises par le Dr Thaon de Nice (1).

Un nouveau procédé d'analyser le lait. — Pour analyser le lait on avait jusqu'ici recours à deux moyens principaux : la dessiccation qui permettait d'apprécier en bloc les parties solides, et la coagula-

(1) Voir *Journal de médecine et de chirurgie pratique*. Octobre 1879.

tion qui dosait directement la caséine et les albuminoïdes. M. Adam, pharmacien à l'hôpital Beaujon, à Paris, vient de trouver un moyen ingénieux et simple de séparer dans une même éprouvette les divers principes du lait. Voici comment il procède : il dispose d'un tube d'une contenance de 40 centimètres cubes, muni d'un bouchon à son extrémité supérieure, renflé en boule à son milieu, et terminé inférieurement par une extrémité effilée, munie d'un robinet. Il introduit dans ce tube 10 centimètres cubes de lait légèrement alcalinisé par une seule goutte de soude caustique, 10 centimètres cubes d'alcool à 75°, et 10 à 12 d'éther à 45°. Il agite et laisse reposer.

Le liquide se sépare en deux couches : la supérieure, limpide, renferme le beurre ; l'inférieure contient la caséine, le sucre de lait et les sels. Le robinet permet de soutirer celle-ci, c'est ce que l'on fait à un centimètre cube près. Puis on agite et on laisse encore se former deux couches dont on enlève encore l'inférieure. On répète trois ou quatre fois cette manœuvre et on réunit les portions soutirées. D'un autre côté on verse dans une capsule tarée la portion restant dans l'appareil, en y ajoutant le peu d'éther qui a servi à enlever les particules graisseuses adhérentes aux parois de l'éprouvette. On évapore et on apprécie facilement le poids du beurre.

Quant à la liqueur opaline, celle qui contient la caséine, le sucre et les sels, on l'étend d'une quantité donnée d'eau distillée pour faciliter les opérations. On ajoute ensuite 8 à 10 gouttes d'acide acétique pour coaguler la caséine que l'on recueille sur un filtre. On pèse, et après avoir enlevé le coagulum, on pèse de nouveau. La différence de poids représente celui de la caséine. La liqueur de Pehling permettra de doser le sucre. Connaissant le poids du sucre, de la caséine et du beurre, il sera facile de calculer celui des sels en évaluant le résidu sec fourni par une quantité de lait égale à celle qui a servi à l'analyse (1).

Des falsifications du lait. — L'importance du lait dans l'alimentation quotidienne rend nécessaires les essais qui peuvent en faire découvrir les falsifications. Dans ce but on a vulgarisé l'emploi du lactomètre, suffisant à dévoiler la fraude quand l'eau de mélange est en quantité notable, mais qui cesse de rendre des services quand l'addition a été faite dans des limites restreintes. D'ailleurs, indépendamment de toute altération, on doit noter que le lait n'a point partout la même richesse; que ses principes varient avec les conditions physiologiques et alimentaires des bestiaux sans compter une infinité d'autres circonstances. Ainsi la vache qui vient de mettre bas donne un lait plus abondant mais

(1) *Bulletin de l'Académie des sciences*, et *Ann. d'hygiène et de méd. légale.*

plus pauvre ; la stabulation agit dans le même sens, toutes choses égales d'ailleurs. Le trèfle donne un lait de meilleure qualité que la luzerne, les choux.... Le sol riche l'emporte sur le sol pauvre. Enfin les soins que le cultivateur a mis à croiser les races ont leur influence sur la qualité du lait. Il faudrait donc bien se garder d'accuser *à priori* de fraude le fermier dont le lait sera reconnu pauvre à l'emploi du lactomètre. Avant d'apprécier un lait il faut connaître la richesse moyenne de ce liquide dans la contrée. Ainsi on a trouvé qu'en Angleterre tout lait doit donner 11 pour cent de résidu pour être livré à la consommation. Ce chiffre comprend 2,50 de matières grasses et 9 de substances solides (caséine, sucre, sels). Il importe donc de recueillir divers échantillons que la vigilance des employés permettra de considérer comme purs de tout mélange, et d'en rechercher la richesse moyenne en principes solides et gras.

Indépendamment de tout mélange le lait pourra varier de densité par soustraction de la crème. Un lait écrémé est plus dense (1). Ici encore il faudra connaître la densité moyenne avant et après l'écrémation. Mais comme il est facile de ramener la densité à son chiffre normal, on comprend que cette recherche est secondaire par rapport à l'analyse chimique. Quand la fraude est peu habile, elle peut toutefois la révéler (2).

Des relations de l'ozone avec l'état sanitaire. — On a depuis longtemps déjà attribué à l'oxygène électrisé et condensé, connu sous le nom d'ozone, des rapports avec la marche de la morbidité et de la mortalité. L'ozone est un antimiasmatique et un irritant des voies respiratoires. Ces deux propriétés résument toute son influence. Est-il abondant dans l'atmosphère, les affections broncho-pulmonaires acquièrent un caractère de fréquence et de gravité plus accentué que d'ordinaire. Elles suivent une marche inverse quand il diminue ou disparaît. Toutefois l'influence de l'ozone se trouve modifiée par la température. Elle est grande quand celle-ci est peu élevée et diminue dans le cas contraire. La combinaison de ces diverses influences permet donc de conclure : à une forte mortalité quand il y a coïncidence d'une grande quantité d'ozone et d'une basse température ; à une faible mortalité quand il y a peu d'ozone et une haute température ; à une mortalité peu élevée au-dessus de la moyenne si, avec beaucoup d'ozone, il y a une haute température ; à une mortalité un peu au-dessous de la moyenne quand il y a peu d'ozone et une faible température.

Les propriétés antimiasmatiques de l'ozone en recommandent l'emploi dans le choléra, les fièvres pernicieuses, les diarrhées, les gastro-entérites

(1) Lait pur, densité 1,029 à 1,033 ; lait écrémé 1,033 à 1,036.

(2) *Bull. de la Soc. roy. de médec. publiq. du royaume de Belgique.*

des pays chauds. Il y a un rapport inverse entre l'apparition de ces affections et la quantité d'ozone dans l'atmosphère.

On a introduit déjà l'ozone dans la thérapeutique du choléra, de la fièvre typhoïde, de la variole. On l'obtient en mélangeant, dans un vase ouvert, du bioxyde de manganèse en poudre fine et de l'acide sulfurique. Mais jusqu'ici les limites restreintes de son emploi ne permettent pas d'en apprécier la valeur (1).

Régime alimentaire des écoliers dans les établissements militaires en Russie. — Ce régime est basé sur les données scientifiques et soumis à des modifications d'après les exigences du climat, des habitudes, du travail.

Enfants de 14 à 18 ans.

Albumine	133	gram.	par	jour
Graisse.	67	«	«	«
Amidon et autres fécules	418	«	«	«
	618	«	«	«

Enfants de 10 à 14 ans

Albumine	133	gram.	par	jour
Graisse.	67	«	«	«
Amidon et fécules . .	392	«	«	«
	592	«	«	«

Les 133 grammes d'albumine se composent :

de 46,3 albumine animale
86,7 « végétale

419 grammes de viande par jour (os compris) les œufs, le lait, le fromage fournissent l'albumine animale.

Pour un homme de taille moyenne, de poids moyen et travaillant modérément, Moleschott recommandait un régime sensiblement le même.

Albumine. . .	130
Graisse . . .	84
Amidon . . .	404
	618

(1) *Bulletin Soc. roy de médec. publiq. du roy. de Belgique.*

Chez M. d'Andrimont à Micheroux, l'ouvrier belge consomme

Albumine. . .	109,6
Graisse . . .	64,6
Amidon . . -	578,9
	753,1

non compris soupe, café, bière.

Le général de Kokovsky pense que l'enfant doit prendre plus d'albumine et moins de féculents que l'adulte (1).

Fièvre typhoïde attribuée à l'ingestion de viande altérée.— Nous lisons dans la *Revue d'hygiène* qu'en Suisse dans une localité voisine de Zurich, au lendemain d'un jour de fête, la majeure partie des habitants, cinq cents sur sept cents, devint malade. Les symptômes étaient ceux de la fièvre typhoïde, et l'autopsie prouva qu'il ne pouvait y avoir de doute à cet égard. Une enquête minutieuse fit reconnaître pour toute origine de l'épidémie l'ingestion, le jour même de la fête, d'une viande de veau altérée. L'animal que l'on avait distribué était malade ; mais parmi les nombreux points qui nous embarrassent dans la transmission de cette maladie, nous devons en signaler un surtout, c'est que la fièvre typhoïde n'est point décrite chez les animaux. Le nom même de l'auteur du récit, M. Zuber, ne nous permet point de croire à une erreur de diagnostic. Toujours est-il qu'à cette fièvre typhoïde, qui nous semble presque improvisée de toutes pièces, cent personnes sur cinq cents malades succombèrent. Aussi en considérant le mal non dans sa nature, mais dans ses résultats, nous empressons-nous de dire : défiez-vous des viandes altérées.

Chose singulière, semblable épidémie avait été observée dans une localité voisine en 1839. Quatre cent quarante personnes furent atteintes, mais le mal fut plus clément, puisqu'il n'y eut que dix décès.

Dr A. Dumont.

(1) Ibid.

LE CLIMAT DE LA SCANDINAVIE

DANS SES RAPPORTS AVEC LA VÉGÉTATION

Dès le commencement de notre siècle, on s'est beaucoup occupé de la distribution géographique des êtres vivants, et des causes qui agissent sur la répartition de la vie, sur les formes qu'elle affecte, sur les phénomènes particuliers qu'elle présente aux divers points de la surface de la terre.

Des études de cette nature ne peuvent pourtant être entreprises indifféremment dans tous les pays ; on sait, par exemple, qu'une grande partie de l'Europe s'est tellement modifiée sous l'influence de la civilisation, par les efforts de l'agriculture et de l'industrie, que sa physionomie a complètement changé. Les forêts qui couvraient la Gaule et la Germanie à l'époque où l'empire romain étendait sa puissance sur l'Europe moyenne ont presque complètement disparu. Le Renne, l'Élan et bien d'autres animaux sans doute, qui parcouraient la forêt hercynienne, ont été refoulés vers les contrées boréales ; le castor ne vit plus dans nos fleuves.

L'histoire ne nous fournit que des renseignements fort incomplets sur les végétaux qui habitaient autrefois ces mêmes régions ; mais on peut affirmer qu'avec les forêts, une grande partie de la flore primitive a disparu.

Les forêts semblent, en effet, exercer une grande influence sur le climat. On sait qu'en France, en Égypte, en Algérie, le développement des forêts a toujours favorisé la formation des pluies et en a régularisé le régime ; au contraire, les grands déboisements ont toujours coïncidé avec une diminution de pluies, comme on l'a constaté aux Indes et au Brésil. Ce résultat n'a rien d'étonnant quand on songe que, comme Hales l'avait déjà établi autrefois, la quantité d'eau transpirée par une plantation de maïs d'un hectare de superficie varie entre 11 000 et 36 000 kilogrammes. Cependant des observations entreprises aujourd'hui en France, en Bavière et en Suède, jetteront sans aucun doute de nouvelles lumières sur cette question. Quoi qu'elles puissent nous apprendre, il est incontestable que la disparition des forêts a amené un trouble profond dans les conditions primitives de la vie végétale.

Il est certain aussi que les cultures agissent puissamment sur la flore. Non seulement elles introduisent dans un pays une foule d'espèces nouvelles surtout annuelles, qu'on peut voir parfois se répandre de proche en proche dans les contrées environnantes ; mais elles tendent aussi à faire disparaître des plantes annuelles. Si même la culture est fort développée dans une région, s'il ne reste plus de terres incultes, si le sol n'est jamais laissé en jachère, les plantes annuelles sont elles-mêmes détruites par le sarclage et les autres opérations de la culture (1).

1. Il suffit de nommer l'*Erigeron canadensis* et l'*Elodea canadensis* pour rappeler avec quelle puissance des plantes introduites accidentellement peuvent se reproduire quand elles trouvent des conditions favorables. J'ai pu constater d'une façon spéciale l'effet de l'*Elodea canadensis* dans les vallées de la Flandre ; ce végétal a complètement supplanté la flore préexistante dans certains étangs du nord de la France. J'en pourrais citer plusieurs où j'allais chercher autrefois toutes les espèces de *Lemna* de la flore française, *Nymphæa alba*, *Nuphar luteum*, *Villarsia nymphoides*, *Hydrocharis morsus-ranæ*, *Ceratophyllum demersum*, etc.; c'est en vain qu'on les y chercherait aujourd'hui. Le *Stratiotes aloides* a résisté jusqu'ici, mais il est à craindre qu'il ne finisse aussi par céder la place à la plante envahissante.

Quant à la disparition des plantes annuelles sous l'influence de cultures

Il ne faut pas négliger pourtant d'étudier les contrées les plus modifiées par la civilisation. Malgré tous les changements survenus sous l'influence de l'homme, elles ont conservé certainement quelque chose de leurs caractères primitifs ; des régions plus ou moins étendues ont peut-être même conservé ces caractères dans leur intégrité. Mais on ne peut attacher qu'une valeur restreinte aux données qu'elles fournissent, parce que l'histoire des modifications qui s'y sont produites nous est trop peu connue. Il est donc prudent de ne considérer ces données que comme des renseignements ; il faut s'en servir avec une grande circonspection, et surtout ne pas élever d'hypothèses sur des bases aussi incertaines. Lorsque la climatologie nous permettra de déduire, des transformations que l'on peut étudier de nos jours, la succession de celles qui se sont produites autrefois dans des conditions identiques, ces renseignements seront très utiles pour la reconstitution de l'histoire de la flore naturelle de ces contrées.

Si l'on veut obtenir aujourd'hui des résultats sérieux, il faut donc étudier la distribution et les conditions de la vie des plantes, dans des contrées aussi intactes que possible. L'intérieur des grands massifs montagneux, les immenses plaines de l'Europe orientale, et les régions du Nord sont pour ainsi dire les seules en Europe qui puissent servir de champ à de pareilles recherches.

Entre toutes, la partie septentrionale de la péninsule scandinave paraît favorable à des études de cette nature. Orientée sensiblement du nord au sud, s'étendant depuis les régions tempérées de l'Europe moyenne (55°20′) jusqu'au delà de 71° lat. nord (environ 1700 kilomètres),

incessantes, je citerai l'exemple du *Chrysanthemum segetum*. Les archives du nord de la France témoignent qu'il y a deux siècles on publia des édits d'après lesquels les paysans étaient obligés de prendre des mesures pour empêcher la reproduction de cette plante, rare aujourd'hui dans presque toute la région.

cette presqu'île est séparée par la chaîne des Alpes scandinaves en deux régions très différentes : la Suède au climat continental, avec des étés chauds et des hivers froids ; la Norvège, au climat maritime beaucoup plus égal, mais aussi beaucoup plus humide que la Suède, subissant bien plus qu'elle, du reste, l'influence du Gulf-Stream qui en fait le pays le plus chaud et le mieux partagé de tous ceux qui sont situés sous les mêmes latitudes (1).

On a comparé fort justement la presqu'île scandinave à une vague prodigieuse qui se serait figée au moment de déferler. En effet, depuis les côtes du golfe de Bothnie jusqu'au voisinage du sommet de la grande chaîne qui, courant du nord au sud, sépare les deux royaumes, la pente est extrêmement douce ; du côté de l'Atlantique, au contraire, les montagnes plongent presque verticalement dans la mer. C'est le long de ces gigantesques murailles que le Gulf-Stream amène continuellement les eaux chaudes des tropiques. Elles en baignent le pied et pénètrent au milieu des fjords innombrables découpés dans leur masse. Aussi voit-on toutes les lignes isothermes se relever peu à peu au voisinage de la côte occidentale de la Scandinavie. Les étroites vallées profondément creusées dans les montagnes subissent sans cesse l'influence des courants chauds, exagérée encore par les vents du sud et du sud-ouest qui soufflent presque continuellement sur ces côtes.

En même temps que les vents et les courants marins s'unissent pour communiquer aux vallées de la Norvège une température très élevée, ils contribuent à rendre son climat remarquablement humide. Les vents chauds, en atteignant la côte, condensent le long des flancs des hautes montagnes la plus grande partie de l'eau qu'ils ont enlevée à la surface de l'Océan ; il en résulte la chute d'une quan-

(1) Les hauts plateaux qui couvrent une notable partie de ce pays présentent, il est à peine besoin de le dire, des caractères tout à fait differents de ceux des côtes ; leur climat est essentiellement montagneux.

tité considérable de pluies ou de neiges, sur les côtes de la Norvège, dans ses vallées et sur ses plateaux.

La plus grande partie de la vapeur d'eau qui peut arriver jusqu'au faîte de la chaîne du Kölen ou sur les hauts plateaux de la Norvège moyenne et méridionale, s'y dépose sous forme de pluies ou de neiges. Aussi ne faut-il pas s'étonner de voir la limite de ces dernières descendre sur le versant exposé au Gulf-Stream à un niveau bien inférieur à celui qu'elles atteignent sur le versant le plus froid. Ainsi quelques glaciers descendent dans les vallées latérales du Sognefjord jusqu'à 150 et même jusqu'à 50 mètres au-dessus du niveau de la mer ; plus au nord, dans l'Altenfjord, on trouve même un petit glacier baigné par les eaux de l'Océan (1).

L'eau que les vents chauds n'ont pas déposée sur le flanc des montagnes est donc, d'une façon générale, arrêtée par les sommets. Ces vents n'arrivent dans la plaine suédoise que desséchés, mais aussi refroidis par suite de leur passage dans les hautes régions de l'atmosphère et par le contact des glaciers. Il en résulte que ces mêmes vents du sud et du sud-ouest, si humides en Norvège, sont ordinairement messagers de beau temps dans le nord de la Suède sans exercer pourtant sur ce pays l'action bienfaisante si sensible dans la région voisine.

Il existe donc bien réellement entre les deux versants scandinaves des différences climatériques très considérables. Pour les mettre en relief, il m'a paru utile de comparer deux localités situées autant que possible à la même latitude et à la même altitude, l'une à l'ouest, l'autre à l'est de la presqu'île scandinave. Les différences que nous constaterons entre elles s'accuseraient avec la même intensité entre

(1) Cela tient surtout à ce que la différence entre la quantité de neige qui tombe annuellement sur les deux versants est beaucoup plus grande encore que la différence entre leur température; la configuration des montagnes et quelques autres causes doivent aussi être prises en considération quand on veut expliquer ces phénomènes.

deux localités quelconques ; celles-ci ont été choisies uniquement parce que, présentant les deux conditions essentielles dont je viens de parler, elles ont été l'objet d'observations attentives.

Ce sont :

Bronö (sur l'Atlantique) par 65° 28′ lat. N. et 9° 54′ long. E. de Paris.

Piteå (sur la Baltique) par 65°19′ lat. et 19°10′ long.

Les deux observatoires ne dépassent pas 10 mètres d'altitude ; nous pouvons donc, dans les recherches qui nous occupent, les considérer comme sensiblement au niveau de la mer.

Au point de vue de la température, qui est évidemment l'un des facteurs les plus importants à considérer, le tableau I nous montre une différence énorme entre les temps pendant lesquels elle se maintient au-dessous de 0°. La différence est en moyenne de 100 jours ; je ne crois pas que, dans aucun autre pays, on puisse citer deux localités aussi rapprochées présentant un écart aussi considérable.

Il nous montre en outre que, si l'été est sensiblement plus chaud sur la côte de la Baltique, l'hiver y est beaucoup plus rigoureux que sur les rivages de l'Océan.

I. Température moyenne.

(*Thermomètre centigrade*).

	de Bronö	de Piteå
Janvier	—1°1	—11°5
Février	—1°0	—11°3
Mars	0°1	— 6°7
Avril	2°8	— 0°3
Mai	6°4	4°4
Juin	10°8	12°9
Juillet	13°2	15°9
Août	12°4	13°3
Septembre	9°4	8°6

Octobre	5°6	1°9
Novembre	1°2	—5°4
Décembre	0°6	—9°8
Moyenne de l'année	+ 4°9	+ 1°1

A Bronö la température dépasse 0° du 15 mars au 15 décembre, c'est-à-dire pendant 274 jours.

A Piteå la température dépasse 0° du 1er mai au 21 octobre, c'est-à-dire pendant 174 jours.

II. Quantité d'eau tombée.

(*en millimètres*).

	à Bronö	à Piteå
Janvier	47	24
Février	42	18
Mars	71	19
Avril	84	15
Mai	54	32
Juin	136	34
Juillet	72	43
Août	55	52
Septembre	129	62
Octobre	159	44
Novembre	80	45
Décembre	67	24
Total de l'année	996	412

Les chiffres relatifs à la quantité d'eau tombée à Bronö correspondent aux mêmes années d'observation que les chiffres exprimant la quantité d'eau tombée à Piteå. D'après une série plus longue d'anciennes observations, la moyenne totale de l'année serait seulement de 829 millimètres à Bronö. Quoi qu'il en soit, la moyenne d'eau tombant annuellement sur les différents points de la côte suédoise de la Baltique oscille entre 400 et 600 millimètres ; elle est donc moindre qu'en France et en Angleterre. Au

contraire, sur la côte de Norvège, elle atteint de 1000 à 1500 millimètres. Il y a même une localité (Florö, 61°40′ lat. N.), où il tombe annuellement la quantité énorme de 1900 millimètres d'eau. La relation générale est $\frac{1}{3}$ entre les deux côtes.

Mais à côté de ces différences profondes, il existe aussi entre la Suède et la Norvège une similitude parfaite pour d'autres conditions climatériques. La plus importante est sans contredit la quantité de lumière que reçoivent les plantes pendant la période végétative. Depuis le moment où le pays se dépouille de son manteau de neige jusqu'aux premiers froids qui viennent à l'automne mettre un terme à la végétation, la quantité de lumière reçue par les plantes est la même dans les deux pays. Elle y est beaucoup plus considérable que sous des latitudes plus méridionales.

La continuité de l'éclairement du sol dans les hautes latitudes a pour effet de rendre les phénomènes météorologiques diurnes beaucoup moins variables qu'ils ne le sont dans les régions plus méridionales. En effet, dès que l'été commence dans les régions boréales, il n'est plus interrompu par des nuits froides ; les orages y sont beaucoup plus rares que dans les montagnes de l'Europe centrale, où l'on sait qu'ils refroidissent l'atmosphère, retardent la fonte des neiges et en répandent même de nouvelles couches sur les sommets. L'été en Laponie est presque toujours sec ; le soleil éclaire et échauffe les montagnes d'une façon constante. Aussi ne faut-il pas s'étonner de voir la limite des neiges s'y maintenir à des altitudes relativement fort élevées, bien que, du mois de septembre au mois de mai, quelquefois même au mois de juin, il s'en accumule sans cesse sur les montagnes. Si abondante qu'elle soit, elle disparaît très rapidement et probablement avec une vitesse d'autant plus grande que les jours sont plus longs. A une même époque la fonte des neiges paraît se produire plus rapidement par 70° de latitude que par 60° où la température diurne est plus élevée, mais où le soleil disparaît de l'horizon pendant de longues heures.

Nous verrons plus loin que l'exposition a moins d'importance sous les hautes latitudes que plus au sud. De plus la direction des fleuves de la Suède coulant tous parallèlement du nord au sud, l'uniformité générale de la flore dans les pays septentrionaux, la faible température à laquelle les phénomènes de la végétation y apparaissent, sont autant de conditions tendant à simplifier l'étude que nous avons entreprise.

On voit donc que parmi les phénomènes qui agissent de la façon la plus importante sur la vie des plantes, les uns se produisent à l'est et à l'ouest des montagnes scandinaves, dans des conditions fort différentes, tandis qu'il y a pour les autres une identité presque complète.

Il résulte de tout ce qui vient d'être dit, qu'on peut légitimement considérer la péninsule scandinave comme comprenant deux régions naturelles distinctes, placées l'une à côté de l'autre sous les mêmes latitudes, mais bien différentes au point de vue de la température et de l'état hygrométrique de l'air. Chacune d'elles peut être étudiée isolément ; mais, pour acquérir tout l'intérêt qu'elle peut offrir, l'étude de ces deux contrées doit être comparative. C'est leur comparaison qui fournira les résultats les plus intéressants au point de vue de la géographie des êtres vivants.

La *constitution géologique* de la Suède et de la Norvège est aussi très favorable à l'étude de la vie végétale. La plus grande partie de la presqu'île scandinave est formée de roches primitives telles que les gneiss et les micaschistes, traversées par des filons de roches éruptives, granites, syénites, diorites, toutes éminemment siliceuses comme les premières.

Les roches calcaires ou alumineuses y sont rares ; elles forment au milieu des roches primitives quelques petits bassins appartenant presque tous à l'époque silurienne, ou des collines d'une altitude moyenne de 300 mètres, isolées au milieu des plaines du Sud.

La partie la plus méridionale de la Suède (Scanie) appartient presque entièrement aux terrains secondaires (Trias, Jurassique, Crétacé) ; elle est formée principalement de craie et de calcaire.

La période glaciaire, en opérant son gigantesque travail de nivellement, a transporté *du nord au sud* les éléments siliceux et calcaires. Dans quelques points, la proportion de ces derniers est assez grande, notamment dans la plaine d'Upsala (1).

Grâce au peu d'importance superficielle de ces dépôts calcaires, grâce à leur absence complète vers le nord, on peut facilement les exclure absolument du champ de ses observations quand il s'agit de recherches sur l'ensemble de la flore scandinave.

Au contraire, le botaniste qui voudrait mettre en relief l'influence de la nature minéralogique du sol, trouverait dans l'isolement même de ces dépôts les meilleures conditions pour établir une comparaison très sérieuse avec la région siliceuse qui les entoure. Une pareille étude serait fort intéressante et pourrait sans doute jeter beaucoup de lumière sur cette question toujours controversée (2).

(1) Toute la partie septentrionale de la péninsule est formée de roches primordiales ou éruptives, siliceuses, au milieu desquelles on rencontre parfois, comme cela arrive au Knuds-hö dans le Dovre, de puissantes couches de schistes argileux qui influent incontestablement sur les caractères de la flore; ces schistes se présentent d'ailleurs assez rarement. Voici, du nord au sud, les localités où l'on rencontre des roches calcaires. Elles apparaissent en Jemtland autour du Storsjön, par 63° latit., plus au sud, on en rencontre à Siljan en Dalarne (61°), autour du lac Mjösen en Norvège (61°), à l'O. et au N.-O. de Christiania, sur les bords du lac Hjelmaren en Nerike, aux environs du lac Wenern et Vettern ; les îles de Gottland et d'Öland en sont formées exclusivement, de même que la province méridionale de Scanie.

Quant aux dépôts glaciaires, grâce à la direction des anciennes vallées, c'est au sud des bassins ou des massifs calcaires qu'ils renferment eux-mêmes une forte proportion d'éléments calcaires. Toute la plaine d'Upland, l'Östergötland à l'est du Vettern, et presque toute la région du sud-ouest (Westergötland, Bohuslän) doivent leur fertilité particulière à la forte proportion de calcaire que renferment les alluvions qui les recouvrent.

(2) Il me semble que des *expériences* peuvent être entreprises fort utile-

Ne m'occupant dans ce travail que de la distribution générale de la flore, et de l'influence qu'exercent sur elle les différents agents climatériques, je ne tiendrai compte que des observations faites dans des localités siliceuses.

Je dirai peu de chose de la division de la presqu'île scandinave en régions botaniques distinctes au point de vue de la latitude. Cette distinction est impossible en Norvège en raison de la direction générale des isothermes, qui est sensiblement N.-S. Grâce aux conditions topographiques particulièrement favorables, elle est au contraire très facile à établir sur le versant suédois. A 300 mètres d'altitude, par exemple, toute la partie de la Suède méridionale qui atteint cette altitude présente la flore des plaines telle qu'elle existe dans l'Allemagne du Nord. Par 63° de lat., on se trouve à la même altitude dans la région forestière comparable à celle qu'on rencontre à la base des Alpes de l'Europe moyenne. Cette région a sa physionomie la plus caractéristique dans le voisinage d'Östersund en Jemtland (63°) et dans le Wester-Norrland. A Arvidsjaur, par 66°, la flore subalpine apparaît au voisinage de cette altitude, à laquelle un peu plus au nord, dans les plaines de la Laponie de Torneå, la faune alpine a acquis tout son développement.

Quant aux divisions en régions distinctes relativement à l'altitude, la question a été beaucoup plus débattue et discutée. Wahlenberg, Lœstadius et Andersson surtout, ont exposé sur ce point des vues auxquelles leur profonde connaissance de la flore scandinave, et surtout de la flore laponne, donne le plus grand poids.

ment sur ces questions. Le *Digitalis purpurea*, *Rumex acetosella*, *Linnæa borealis*, *Trientalis europæa* réputées essentiellement silicicoles, le *Cotoneaster vulgaris*, l'*Erica carnea*, que *l'on dit* exclusivement calcicoles et le *Tussilago Farfara* se prêteraient sans doute facilement à de pareilles expériences dans les pays scandinaves. M. Moe a publié en 1867 dans *Botaniska Notitser*, Upsala, un travail qui renferme un grand nombre de renseignements, et révèle un bon esprit d'observation. N'ayant moi-même recueilli aucune donnée sur l'influence de la nature du sol, je me contente de signaler cet ouvrage à l'attention des botanistes qu'intéresse plus particulièrement la question de l'influence du terrain.

Wahlenberg divisait la Laponie en six régions, en admettant toutefois qu'il est souvent difficile d'établir une distinction nette entre elles. Lœstadius et Andersson n'adoptent pas cette manière de voir. Le second surtout la critique longuement (1) et conclut avec Schouw qu'il est inutile d'admettre en Laponie plus de trois régions : la *région forestière*, s'étendant *en moyenne*, dans la partie laponne, du niveau de la mer à 400 mètres ; la *région subalpine* couvrant l'intervalle compris entre 400 et 600 mètres; la *région alpine* qui commence vers 600 mètres d'altitude. Je crois très utile d'adopter cette division d'Andersson. Comme on vient de le voir, Wahlenberg constatait lui-même la difficulté de trouver des limites entre des divisions d'ordre inférieur. J'ai, de mon côté, fait beaucoup d'efforts pour reconnaître s'il était possible d'en établir ; les observations que j'ai faites sur le versant suédois des Alpes laponnes, aussi bien que sur le versant norvégien, m'ont démontré qu'il n'y fallait pas songer. Ce que je viens de dire au sujet de la Laponie s'étend du reste à toute la péninsule. Dans les provinces montagneuses de la Norvège méridionale, on ne peut pas plus qu'en Laponie subdiviser les grandes régions naturelles.

J'admets cependant avec Andersson qu'on peut parfois les subdiviser dans des conditions spécialement avantageuses, mais ce sont là des faits locaux.

Il est à remarquer en outre que ces trois grandes régions sont beaucoup moins nettement délimitées en Scandinavie que dans les Alpes ou les Pyrénées. Wahlenberg et Zetterledt nous fournissent sur ce point des renseignements précieux. J'aurai l'occasion de revenir plus loin sur ce fait que j'espère pouvoir expliquer. Il y a du reste entre les montagnes du centre de l'Europe et le nord de la presqu'île scandinave une différence frappante. Je crois l'exprimer nettement en disant qu'*en Laponie les flores alpine et subal-*

(1) Andersson ; *Conspectus vegetationis lapponic.*, p. 2.

pine s'abaissent d'autant plus dans la région forestière, qu'on s'avance davantage vers le nord. La limite des arbres est relativement élevée dans la Laponie de Piteå ; le sapin ne cesse guère de constituer des forêts qu'à 450 mètres d'altitude ; le Bouleau (*Betula glutinosa*) prospère jusqu'à 600 mètres ; mais à 300 mètres déjà un grand nombre de plantes alpines se répandent dans la région forestière ; leur nombre s'accroît peu à peu, à mesure qu'on s'élève, et en même temps les individus de chaque espèce deviennent plus abondants (1).

La subdivision des trois grandes régions rendrait plus difficile la comparaison avec d'autres contrées ; le versant norvégien des Alpes scandinaves ne se prête nulle part à une subdivision de cette nature ; à plus forte raison en serait-il de même pour des pays plus éloignés et plus différents.

Sans pénétrer dans l'étude détaillée de la constitution de la flore scandinave, nous pouvons essayer d'en saisir les traits essentiels.

Ce qui frappe tout d'abord le voyageur, c'est la prédominance des petits arbrisseaux à feuilles persistantes (Calluna, Andromeda, Vaccinium, etc.) dans les régions forestière et subalpine. Ils y forment partout le fond de la végétation ; en beaucoup de points même, ils occupent le sol à l'exclusion de presque tous les végétaux herbacés.

Il est aussi à remarquer que le nombre des espèces annuelles devient de plus en plus faible à mesure qu'on se rapproche davantage des sommets.

Les chiffres suivants nous le montrent d'une façon très nette.

(1) Il s'agit ici naturellement de plaines couvertes de forêts, où ne peuvent se produire les disséminations accidentelles. Je ne tiens aucun compte ici des observations faites dans les régions escarpées où les plantes et des graines tombent souvent des hauteurs avec les débris de roches ; je néglige aussi toutes celles qui ont été faites le long du cours des fleuves ou des torrents.

La proportion des espèces annuelles ou bisannuelles dans la flore des terrains incultes est :

Aux environs de Paris, par	49° 0′	de lat.	45	pour cent.
Aux environs de Christiania,	59°55′	»	30	»
A Listad (Guldbrandsdalen)	61°40′	»	26	»
A Arjeploug (Laponie)	63° 3′	»	16,5	»
A Merkenis (id.)	66°40′	»	7,4	»

En outre, parmi les espèces dominantes de ces deux dernières localités, il n'existe pour ainsi dire aucune plante annuelle.

De plus, tous ceux qui ont parcouru les montagnes de l'Europe centrale sont frappés du mélange des différentes espèces qui, plus au sud, caractérisent nettement la flore de chaque région.

Enfin la diminution générale du nombre d'espèces à mesure qu'on se dirige vers le nord est un fait bien connu depuis longtemps. D'après Andersson, la flore de la Laponie comprend 685 espèces réparties entre 283 genres et 72 familles. Ces chiffres sont extrêmement faibles relativement à l'étendue de la surface qu'occupe en Laponie chacune des régions déterminées par le niveau au-dessus de la mer. Ils devraient être modifiés par les découvertes faites depuis la publication du mémoire de M. Andersson, mais la différence qui en résulterait serait très faible. Il suffit de les comparer à ceux que nous fournit la flore française pour être frappé de cette diminution très grande, malgré l'étendue beaucoup plus faible de notre pays.

Il est intéressant de noter que la flore laponne ne comprend pas une seule espèce de Malvacées, de Polygalées, d'Hypéricinées, d'Euphorbiacées. Les Labiées, les Papavéracées, les Ombellifères, y sont relativement très rares.

Parmi les plantes qui habitent la Laponie, 124 sont des espèces boréales ; mais il est très remarquable que 19 espèces seulement soient propres à ce pays. Plus de 100 sont

communes à la Laponie et à d'autres contrées arctiques, et beaucoup d'entre elles ont été trouvées dans toutes les terres arctiques explorées jusqu'ici. Tant il est vrai que, plus on s'avance vers le nord, plus l'aire d'extension des espèces est considérable; plus aussi par conséquent la flore est uniforme dans ses traits généraux. Cette grande uniformité est probablement corrélative d'une uniformité très grande dans l'apparition des phénomènes climatériques ; mais les résultats obtenus jusqu'ici sont encore trop incomplets pour qu'on puisse l'affirmer d'une façon positive. Dans tous les cas, cette uniformité de la flore est une condition très favorable à l'étude des relations qui existent entre la distribution des végétaux et les climats.

Examinons maintenant ces rapports des conditions physiques actuelles, de la température, de la lumière, de l'humidité, avec la constitution de la flore en Scandinavie.

TEMPÉRATURE. — Parmi les actions qui s'exercent sur les plantes, il en est de si évidentes, de si connues de tout le monde, qu'on ne peut leur refuser une importance capitale au point de vue de la manifestation des phénomènes de la vie végétale.

Telle est l'action de la température. Il est évidemment inutile de rappeler combien cette action est générale ; on l'a beaucoup étudiée dans ses traits essentiels ; on lui attribue la part la plus considérable dans la répartition des plantes. Nous l'étudierons donc en premier lieu ; mais avant d'aborder l'examen attentif de la question, il me paraît utile de dire quelques mots du rôle que ce facteur joue visiblement à l'égard de la flore scandinave.

Nous avons vu plus haut quelle est l'action exercée par le Gulf-Stream sur la température des côtes de Norvège. Cette action est d'autant plus énergique qu'on se rapproche davantage du cap Nord ; la température de la Norvège est donc

d'autant plus différente de celle de toutes les autres contrées septentrionales qu'on s'éloigne davantage de l'équateur. La différence est beaucoup plus grande, par exemple, entre Haparanda et Ranen (Norvège) qu'entre Upsala et Christiania ; elle est beaucoup plus considérable encore entre Hammerfest et l'embouchure de l'Yénisséi, situés tous deux par 70° environ de latitude, qu'entre Stavanger et Saint-Pétersbourg. Au fond des étroites vallées qui viennent déboucher dans le Sognefjord, au pied d'immenses glaciers, les pêches, les abricots, les raisins mûrissent presque chaque année (1).

Tous les voyageurs qui ont exploré le Nord scandinave ont été frappés de la façon dont s'exerce cette influence. M. Martins, dans les relations des expéditions à bord de la corvette *La Recherche* a décrit avec son talent habituel les charmants jardins des villes les plus septentrionales du monde : les némophiles, les pavots, les amarantes, les capucines, etc., y forment de ravissantes corbeilles où s'épanouissent les fleurs les plus délicates et les plus brillantes. M. Th. Fries a aussi insisté sur ce point dans la relation de ses voyages en Finmarck ; mais c'est à M. le Dr Schübeler, le savant professeur de Christiania, que nous devons les données les plus étendues sur cette question. Il a publié une carte à côté de laquelle il a indiqué les limites latitudinales qu'atteignent un grand nombre de plantes phanérogames en Norvège (2). Les *Rhodanthe Manglesii*,

(1) Il est vrai cependant que beaucoup de plantes alpines descendent sur les côtes de la Norvège, même dans les parties les plus méridionales, jusqu'au niveau de la mer. Le nombre en paraît d'autant plus grand que les montagnes voisines sont plus abruptes, que les vallées ont des fentes plus fortes. Elles sont fréquentes surtout dans les fjords que bordent des montagnes à pic couronnées de neiges éternelles, et paraissent le plus souvent tombées des sommets avec les débris qui s'accumulent sur les rives. Je crois qu'il est juste de considérer ces espèces comme répandues accidentellement. Quelques-unes, comme *Dryas octopetala*, *Rhodiola rosea*, *Saxifraga oppositifolia*, *Oxyria digyna*, *Sibbaldia procumbens*, ont pu s'acclimater au niveau de la mer (Molde, Saltdalen etc.), sans y être comprises dans leurs limites naturelles.

(2) *Carte géographique des végétaux du royaume de Norvège*, 3e édition. Christiania 1878.

Linum grandiflorum, *Clarkia elegans*, les *Estscholtzia*, *Convolvulus*, *Salpiglossis*, *Impatiens* etc., etc., y atteignent des dimensions peu communes et sont cultivées avec succès jusque bien avant vers le nord (1).

Lorsque, après avoir parcouru les plaines de la Laponie suédoise, après être demeuré pendant plusieurs semaines au milieu des sombres forêts de sapins presque inhabitées, je dépassai la crête des alpes laponnes pour descendre par 67° de latitude dans une des vallées de la Norvège, je compris l'enthousiasme avec lequel on les a décrites ; je l'éprouvai moi-même d'autant plus vivement que venant de l'est j'avais été plus privé sous ce rapport. Les Peupliers, les Aulnes, les Cerisiers, les Sorbiers et les Ormes y mêlaient leur gai feuillage à celui des Conifères ; les Framboisiers (*Rubus Idæus*) et les Fraisiers (*Fragaria vesca*) en fruits couvraient tous les rochers ; la flore forestière, que j'avais dépassée sur le versant suédois vers 400^{m} d'altitude, avait ici tout son développement à une altitude de plus de 800^{m} ; autour des chalets nombreux dans ces vallées fertiles, des cultures des légumes les plus variés étaient bordées de fleurs, de *Cheiranthus*, de *Tropæolum*, de *Calendula*, de *Papaver* aux brillantes couleurs et de bien d'autres. Ce gracieux paysage me révélait tout à coup la monotonie de la forêt de Conifères, dont je n'avais remarqué jusque-là que la sauvage grandeur.

La limite de tous les arbres atteint en Norvège des latitudes auxquelles elle n'arrive jamais en Suède ; les limites altitudinales supérieures sont aussi beaucoup plus hautes à l'ouest de la péninsule qu'à l'est des Alpes scandinaves.

(1) Il ne faudrait pas pourtant conclure de ce que la culture de ces plantes presque toutes annuelles donne de bons résultats jusque vers 70° de lat., que les plantes annuelles se reproduisent facilement dans le Nord. Cette opinion serait en contradiction formelle avec les faits. Ces plantes y poussent vigoureusement, y fleurissent, mais n'y mûrissent pas leurs graines, et ne peuvent par conséquent se reproduire, comme cela arrive d'ailleurs pour la plupart des plantes annuelles dans les régions boréales ou arctiques.

Cependant il est souvent difficile de préciser la moyenne altitudinale d'une espèce arborescente sur les pentes d'une montagne isolée ou dans un massif montagneux, à cause des conditions locales très variables qui peuvent agir sur la vie des arbres. Aussi n'accorderons-nous pas à ce fait une importance capitale.

Ce qu'il importe de ne pas oublier, c'est qu'à une même altitude, deux localités situées l'une sur le versant est, l'autre sur le versant ouest des montagnes scandinaves, présentent, au point de vue de la végétation, des différences aussi grandes qu'en offrent ordinairement deux contrées séparées par 10° de latitude. On peut affirmer, par exemple, que la flore des environs de Copenhague (55° 41′ de lat.) ressemble plus à celle du centre de la France (vers 46°) que la flore de Piteå (65° 19′) ne ressemble à celle de Bronö (65° 28′).

Comme nous l'avons vu plus haut, il existe entre ces deux localités des différences de température fort considérables, qui se produisent avec la même intensité moyenne pour toutes les localités situées dans les mêmes conditions.

Il ne suffit pas de constater cette influence de la température, il faut la préciser. Nous devons, pour cela, chercher à déterminer toutes ses manifestations, à les distinguer les unes des autres dans leurs détails, à les isoler autant que possible de toutes les autres conditions climatériques. C'est un problème complexe, difficile à résoudre. La difficulté d'isoler l'influence de la lumière de celle de la température a surtout fort embarrassé les savants ; il reste encore beaucoup à faire dans cette voie ; cependant un grand nombre de travaux publiés depuis quelques années ont jeté quelque clarté sur plusieurs points de cette importante question.

Les données générales les plus intéressantes sur l'action de la température nous sont fournies par un grand travail publié en 1846 par M. Dove (1) et par la *Géographie bo-*

(1) Dove, *Zusammenhang der Wärmeverand. der Atmosph. mit der Entwickl. der Pflanzen* – Berlin, 1846.

tanique raisonnée de M. de Candolle. Ces auteurs ont cherché à reconnaître quelles sont les températures utiles aux végétaux; leurs conclusions ont été adoptées par la plupart des savants qui ont abordé l'étude de ce point délicat, et plusieurs de ces derniers les ont appuyées de nouvelles preuves.

Cherchons d'abord à nous éclairer sur l'action des *températures minima*. Comment agissent-elles sur les différents végétaux ou sur les diverses parties d'une plante?

Le minimum de la température supportée par les parties aériennes nous est fourni par les thermomètres placés à l'air. Les renseignements que nous possédons proviennent ordinairement d'observations faites à une hauteur trop grande au-dessus du sol pour que l'on puisse considérer les chiffres qu'ils nous fournissent comme étant ceux que les parties aériennes supportent réellement. Il faudrait, pour les plantes herbacées, déterminer les températures à environ 20 centimètres au-dessus du sol ; c'est la hauteur qu'atteignent presque tous les végétaux herbacés des pays tempérés. Cependant les erreurs résultant de ce que les observations sont faites un peu plus haut ne sont pas très considérables. En effet, d'après les comparaisons poursuivies pendant longtemps par M. H. Hamberg à l'observatoire météorologique d'Upsala, la différence des températures indiquées par des thermomètres placés à un pied au-dessus du sol et à quatre pieds, ne dépasserait pas le plus souvent 0°5 en faveur du thermomètre placé à quatre pieds d'élévation ; il arrive cependant quelquefois que la température à un pied de hauteur descende jusqu'à 0°9 au-dessous de l'autre (1).

M. Boussingault (2) a montré suffisamment que les graines de quelques plantes fourragères et céréales peuvent

(1) H. Hamberg. *La température et l'humidité de l'air à différentes hauteurs*, etc. Actes de la Soc. roy. des Sc. d'Upsala, mai 1876.

(2) Boussingault; *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, t. III, p. 3.

supporter plus de 100° au-dessous de zéro, sans perdre leur faculté germinative. Peut-être les graines des plantes tropicales n'atteindraient-elles pas des limites aussi basses; cependant des expériences faites par moi sur des graines de *Phœnix dactylifera*, de *Yucca gloriosa*, d'*Aster sinensis*, enfermées dans une boite de métal hermétiquement close et laissées pendant vingt jours dans un mélange réfrigérant formé de glace et de sel marin à — 21° cent., sans avoir perdu la faculté de germer et de donner ensuite des plantes vigoureuses, permettent au moins d'affirmer que les graines sont insensibles aux plus basses températures qu'elles aient à supporter dans la nature.

Il n'en est pas de même des tissus végétaux en voie de végétation active. On sait que les tissus gorgés de sève ne peuvent descendre impunément au-dessous d'un certain minimum, toujours assez rapproché du point de congélation. Quand la température baisse, les phénomènes vitaux cessent d'abord de se manifester; il y a arrêt de développement; mais si la température descend encore au-dessous de ce point, les tissus vivants perdent la faculté de manifester désormais aucun phénomène vital.

Le degré auquel les phénomènes cessent de se manifester varie avec les diverses plantes; il est beaucoup plus élevé pour les plantes tropicales que pour les plantes des pays tempérés, et beaucoup plus élevé pour celles-ci que pour les plantes arctiques. Parmi les plantes des contrées équatoriales, il y en a qui cessent de végéter à une température notablement supérieure à 0°. Au contraire, on sait depuis longtemps que quelques Algues, comme le *Chlamydomonas nivalis* végètent sur les glaciers et les névés; mais les récentes expéditions scandinaves dans les mers polaires ont amené la découverte de faits nouveaux très intéressants. M. Berggren a récolté sur les glaciers du Groënland plusieurs espèces d'Algues, parmi lesquelles des Diatomées (1). M. Kjellman a observé pendant l'hiver-

(1) Berggren, *Öfversigt af konkl. Vetensk. Akad. förhändl.* Stockholm 1871.

nage de l'expédition suédoise au Spitzberg en 1872-73 plus de 20 espèces d'Algues, appartenant surtout aux Floridées, aux Fucacées et aux Chlorozoosporées, chez lesquelles les phénomènes de reproduction se manifestaient au cœur de l'hiver polaire, du milieu de septembre à la fin d'avril. Pendant toute cette période, la température de l'eau, au niveau où les Algues étaient récoltées, varia entre — 1° et — 2° ; elle fut le plus ordinairement de — 1°,8 (1). On doit en conclure nécessairement que la limite de végétation peut descendre, au moins pour les Cryptogames, à une température inférieure à 0°.

Les expéditions arctiques, qui ont déjà tant contribué à accroître nos connaissances sur ce point, pourront sans doute nous faire connaître encore une foule de faits d'un grand intérêt. Il serait possible de trouver par l'expérience, aussi bien que par des observations directes, la limite de végétation de beaucoup de plantes polaires et les causes qui la déterminent. Ce serait la partie la plus délicate du problème de l'action de la température.

Les températures auxquelles la végétation s'arrête sont fort inégales ; il en est de même pour celles où les tissus perdent d'une façon définitive la faculté de manifester les phénomènes vitaux. Parmi les plantes tropicales, il en est, paraît-il, dont les tissus se congèlent et qui meurent à des températures supérieures à 0°, tandis que les Diatomées résistent à une température de — 25° et manifestent tous les phénomènes de la vie active quand la température est encore inférieure à 0°.

L'action exercée sur les parties aériennes des plantes, action qui paraît varier pour les différentes parties, s'exerce aussi sur les organes souterrains ; mais, on le sait aujourd'hui, avec une moindre intensité. La température du sol est du reste moins sujette aux extrêmes que la température de l'air.

(1) Kjellman, *Öfversigt af konkl. Vetensk. Akad. förh* Stockholm 1875.

Il en résulte que les plantes annuelles, chez lesquelles les parties extérieures sont très développées, subissent au plus haut degré l'influence des températures minima ; mais leurs graines pouvant être considérées comme insensibles à ces minima, ces plantes ne la subissent réellement que pendant la durée de leur période végétative. E. Fries a insisté à plusieurs reprises sur la dépendance entre le développement des plantes annuelles et la température de l'été : «Les plantes annuelles, dit-il, sont plus nombreuses sur nos côtes orientales aux étés chauds, que sur nos côtes occidentales aux hivers doux ; pour la même raison, *la culture* des végétaux annuels non spontanés peut s'étendre beaucoup plus vers le nord que celle des plantes vivaces (1).» Il y aura donc très probablement parallélisme entre les limites des espèces annuelles et les lignes isothères.

Les plantes vivaces subissent cette influence au même degré que les plantes annuelles pour ce qui concerne leurs parties aériennes, mais leurs parties souterraines y sont moins sensibles. Il faut noter cependant que cette action s'exerce sur elles pendant toute l'année ; la différence entre les extrêmes supportés par ces parties souterraines est donc beaucoup plus grande que pour les plantes annuelles. Je n'ai pas eu l'occasion d'observer un nombre suffisant de faits relativement à la question complexe de l'influence des températures minima sur les espèces arborescentes, pour en parler ici ; nous pouvons dire cependant que *tous les tissus végétaux vivants subissent puissamment l'influence de températures minima, mais à des degrés bien différents.*

Ce fait est de la plus grande importance. Nous n'avons pas besoin, en effet, d'étudier maintenant l'action de la température au delà d'un certain point ; et ce que nous venons de dire suffit amplement pour montrer que le zéro du thermomètre ne peut être pris comme base invariable pour ce qui concerne la vie végétale.

(1) Fries, *Botaniska Utflygter*, Stockholm, 1864, p. 150.

Cette difficulté a été reconnue depuis longtemps, et les savants français que j'ai nommés déjà plusieurs fois, M. Martins et M.A. de Candolle ont posé le problème d'une façon fort nette ; si j'y reviens ici, c'est que je crois pouvoir, grâce aux découvertes et aux observations faites depuis quelques années dans les régions arctiques, le préciser encore mieux que ces auteurs n'ont pu le faire.

Nous pouvons admettre pour le moment, sans craindre de commettre une erreur grave, qu'aucune plante phanérogame ne végète à une température inférieure à 0°. Lorsqu'un végétal habite un pays, qu'il y est spontané, nous pouvons aussi admettre légitimement qu'il ne subit pas d'une façon fâcheuse l'influence des plus basses températures du pays ; nous pouvons donc négliger complètement ces températures minima comme étant sans action. Mais la végétation cesse lorsque la température descend à un certain degré plus ou moins voisin du zéro thermométrique. Ce minimum de température nécessaire à la manifestation des phénomènes vitaux pour chaque plante peut être appelé le *zéro spécial* de la plante. Toutes les températures inférieures au zéro spécial à chaque espèce, doivent être absolument négligées quand il s'agit d'étudier l'effet de la température sur la vie de la plante. Puisque la végétation s'arrête, il faut les négliger complètement.

D'autre part il y a un zéro spécial pour chaque phénomène, et l'action de la température est par conséquent beaucoup plus complexe qu'on ne le croyait autrefois.

M. de Candolle et avec lui la plupart des botanistes ont admis qu'il faut aux différents phénomènes pour s'accomplir une certaine somme de chaleur. On a admis que cette somme pourrait être distribuée aux plantes d'une manière quelconque. Mais suivant M. de Candolle, cette règle n'est qu'approximative, c'est une hypothèse admissible surtout pour la période de végétation active et les températures ordinaires. Le savant physiologiste ajoute que « plus on s'éloigne d'un certain milieu de température qui convient

à une espèce, plus il est probable qu'une chaleur additionnelle ne produit pas un effet proportionné. » Les sages réserves de M. de Candolle ont été légitimées par les résultats auxquels M. Linsser est arrivé dans l'étude des divers phénomènes de la végétation. Ce savant a cru pouvoir affirmer, en effet, que la quantité de chaleur exigée par une plante n'est pas constante, mais varie à peu près dans la même proportion que la température pendant tout le temps que celle-ci est au-dessus de zéro.

Ces conclusions sont à peu près celles auxquelles est arrivé M. Hult, dans un travail encore inédit présenté il y a quelques semaines à la Société des sciences d'Upsala. A la suite de recherches fort étendues, l'auteur conclut que le moment où un phénomène s'accomplit est déterminé surtout par les variations de la courbe annuelle des températures. Dans les contrées où les conditions climatériques sont les mêmes, le phénomène s'accomplit presque exactement au même degré de température ; mais s'il y a des différences climatériques, le phénomène est avancé ou retardé, sans pourtant dépasser certaines limites. Lorsque la période végétative est très courte, il subit une accélération et se produit à une température inférieure à la normale, et réciproquement.

On comprend qu'en face de pareils résultats il faille faire les plus grandes réserves relativement à l'action précise de la température sur les phénomènes végétatifs. Pour arriver à connaître, un jour, les causes de l'extension géographique d'une plante, il faut nécessairement préciser d'abord ce dont la plante a besoin aux divers états de son développement, et ensuite reconnaître comment elle peut satisfaire ces différentes exigences aux différents points de ses limites latitudinales.

Le problème est donc devenu beaucoup plus complexe qu'on ne l'avait cru autrefois ; bien des recherches seront nécessaires pour nous en donner la solution.

D'ailleurs l'action de la température ne varie pas seule-

ment pour chaque espèce et pour chaque phénomène; mais, dans le voisinage de leurs limites, beaucoup de plantes n'accomplissent plus qu'une partie des phénomènes dont l'ensemble constitue l'évolution annuelle normale de l'espèce.

S'il s'agit d'une plante vivace par exemple, il suffit qu'elle emmagasine une certaine quantité de matière nutritive, sans arriver nécessairement à mûrir ses graines. Les plantes vivaces paraissent jouir de la propriété de se reproduire autrement que par graines avec une facilité d'autant plus grande que les conditions sont plus défavorables à la maturation des graines. Beaucoup de plantes vivaces arctiques ne fleurissent que très rarement, et acquièrent pourtant une importance très grande par le nombre de leurs individus ; elles sont alors traçantes ou vivipares , phénomène beaucoup plus fréquent dans les contrées septentrionales qu'en France. Or l'accumulation des matières nutritives dans les tissus dépend beaucoup moins de la quantité de chaleur que la maturation des graines ; ces plantes peuvent ainsi se soustraire en apparence à la loi générale. C'est ainsi que le *Petasites frigida* supporte fort bien le climat du Spitzberg, bien qu'il n'y fleurisse que rarement.

Tout ce que je viens de dire me semble démontrer suffisamment que le problème si compliqué de l'action de la température se présente dans les contrées boréales avec une simplicité plus grande que dans des régions plus chaudes ; c'est une raison nouvelle pour que l'on y poursuive activement les recherches de géographie botanique.

Nous n'avons considéré jusqu'à présent que les températures de l'air, et nous avons vu qu'il est bien difficile de reconnaître son action d'une manière précise. Je n'ai fait que résumer la question et poser le problème de la façon qui me semble la plus simple, d'après l'état actuel de nos connaissances.

Nous avons pourtant à considérer autre chose que la *température* de l'air ; celle *du sol* a nécessairement une importance très grande, surtout pour les plantes vivaces dont les racines plus ou moins profondes subissent la température du milieu dans lequel elles sont plongées ; or les plantes boréales sont en majeure partie des plantes vivaces, nous l'avons vu plus haut. M. de Candolle attribue à la température du sol une influence assez faible au moins sous les climats tempérés. Il est vrai que, les racines des plantes se trouvant presque toujours à une faible profondeur, le sol qui les nourrit subit sensiblement les mêmes variations que l'air, mais avec plus de lenteur. Cependant, d'après les observations de Quételet, le sol des pays tempérés est toujours plus froid que l'air en été, plus chaud en hiver.

Des observations attentives ont été poursuivies d'heure en heure depuis deux ans par M. le Dr Cronander, professeur de physique agricole à l'École royale d'agriculture d'Ultuna, près d'Upsala. Elles prouvent que les influences extérieures, subies d'autant moins par le sol qu'on observe des profondeurs plus grandes, sont telles qu'à une faible profondeur (10 pouces), la température peut être considérée, à fort peu de chose près, comme la moyenne entre les températures extrêmes de l'air. C'est pourquoi l'on peut, en général, considérer la température des sources, comme donnant la température moyenne de l'air (à moins qu'elles ne proviennent de couches très profondes). C'est ainsi que la température des sources a pour ainsi dire servi de base aux observations de Wahlenberg et de Kämtz sur les températures moyennes (1).

D'autre part, MM. Becquerel, qui poursuivent depuis longtemps leurs recherches sur ce sujet, viennent de faire connaître (2) que l'influence du gazon est très grande sur la température du sol. Le sol gazonné est mauvais con-

(1) Kämtz, *Lehrbuch der Meteorologie*, Halle 1832. — Wahlenberg, *De vegetatione et climate*, etc., 1813.

(2) *Comptes rendus*, 28 juillet 1879.

ducteur de la chaleur, les maxima et les minima de température sont toujours moindres sous le sol gazonné que sous le sol dénudé.

Pour les plantes qui ont des racines profondes, *il faut très probablement tenir compte de l'abri que la neige leur procure.* On n'a fait, que je sache, aucune recherche suivie sur l'influence protectrice de la neige ; peut-être est-il bon de recueillir les indications les plus légères qui peuvent nous apprendre quelque chose sur ce sujet, en attendant que l'on puisse l'étudier plus attentivement.

C'est pour cela que je crois devoir signaler l'observation suivante. Dans les montagnes du nord de la Suède et notamment autour du Saulofjället situé un peu au sud du Sulitelma par 66° 53′ de lat., j'ai observé qu'à partir de 1400 mètres jusqu'au sommet (1693 mètres) la végétation est formée presque exclusivement de plantes vivaces. Cela doit paraître naturel après ce que j'ai dit plus haut; mais je fus fort étonné au premier abord de voir les pentes un peu fortes presque complètement dépourvues de végétaux vivaces bien développés, quelle que fût du reste leur exposition. Je n'y trouvai qu'un petit nombre de plantes d'*Arabis petræa*, *Draba nivalis*, *Veronica alpina*, *Ranunculus nivalis*, nées seulement au printemps, ayant fleuri et mûrissant leurs graines à la façon de plantes annuelles. Ce fait se produisait sur de grandes surfaces, où la présence de nombreux *Cetraria* montrait assez que des éboulements ne s'étaient pas produits depuis plusieurs années. Il en est de même de certains plateaux dénudés où les plantes phanérogames ne se rencontrent qu'à l'abri des blocs de rochers, ou dans les dépressions, fussent-elles très faibles et exposées au nord, bien que partout la roche soit recouverte d'une couche de terre très friable éminemment propre au développement de la végétation.

Pendant longtemps j'ai cherché la cause de cette particularité. L'examen des régions couvertes de névés m'a persuadé que les plateaux et les pentes dont il est question ne

peuvent être couverts pendant l'hiver que d'une couche relativement faible de neige, les premiers en raison des vents violents qui la chassent dans les dépressions, les secondes en raison de leur inclinaison trop forte. Ce fait de l'absence presque complète de neige sur des surfaces qui en reçoivent pourtant une grande masse, a été signalé aussi par les savants qui ont pris part à la mémorable expédition allemande sur les côtes orientales du Groënland en 1869-70. Ces savants ont constaté que des surfaces planes très étendues étaient complètement dépourvues de neige, parce que la violence du vent la chassait continuellement dans les dépressions et les endroits abrités (1). Je suis loin d'exagérer l'importance de ce fait ; mais de ce que ces plantes ont mûri leurs graines, on peut déduire que l'absence, sur ces points découverts, de plantes vivaces nées avant le printemps de cette même année, n'est pas en relation avec la température de l'été, ni avec les vents qu'on pourrait supposer trop violents. Parmi les phénomènes qui se produisent en hiver, je ne vois que l'absence relative de neige et l'abaissement de la température du sol comme pouvant amener un pareil résultat. E. Fries a émis la même idée (2). Je sais bien que d'après des observations faites l'hiver dernier par MM. Becquerel au Jardin des plantes de Paris (3) la neige seule ne préserve pas de la gelée les corps qu'elle recouvre; elle agit bien comme un écran pour empêcher le rayonnement du sol, mais elle subit, comme les autres corps, par conductilité propre, les variations de la température. Elle les atténue cependant beaucoup en raison de son épaisseur.

Le rôle que joue la neige vis-à-vis des espèces vivaces, en maintenant la température du sol à un degré relativement élevé, a peut-être beaucoup d'importance. Après tout, les causes qui déterminent la limite méridionale des

(1) *Die zweite deutsche Nordpolarfarht*, Band II, p. 5-8, Leipzig, 1874.
(2) E. Fries, *Botaniska Utflygter ;* Stockholm 1864, p. 151.
(3) *Comptes rendus*, 15 déc. 1879.

espèces arctiques, aussi bien que la limite inférieure des espèces alpines, me paraissent encore fort obscures. Des auteurs ont attribué à certaines températures maxima une grande influence sur ces espèces ; d'autres ont considéré cette influence comme très faible, ou l'ont niée complètement ; on a attribué à la sécheresse l'action qu'on a refusée à la température. Il est fort difficile, évidemment, de dégager l'influence de la chaleur de celle de la sécheresse; on ne peut songer à approfondir ce problème que dans les contrées alpines ou arctiques, et la solution en est réservée sans doute à des savants qui, établis dans ces régions, pourront y poursuivre des expériences attentives ; mais je ne serais pas étonné que la neige favorisât le développement des plantes alpines ou arctiques, en conservant au sol une température relativement élevée.

Cette idée est fortement appuyée par le fait que quelques feuilles sèches protègent très bien, contre les rigueurs de l'hiver, les plantes cultivées au delà de leurs limites naturelles, et surtout par les observations faites dans les jardins botaniques sur la possibilité de conserver en hiver les plantes alpines. Ces plantes supportent des températures extrêmement basses sans en souffrir aucunement ; mais si, aux premiers jours du printemps, elles ne sont pas recouvertes d'une couche de neige assez épaisse , elles développent leurs feuilles et épanouissent leurs fleurs aux premiers rayons du soleil, et meurent ensuite invariablement sous l'action des gelées nocturnes. Au contraire, si la couche de neige est épaisse, il lui faut un temps assez long pour se fondre, et les plantes ne se développent que quand les gelées ne sont plus à craindre. Il peut donc y avoir une double action de la neige; elle peut agir pour protéger les plantes contre des froids excessifs, et pour les garantir contre l'échauffement trop rapide au printemps (1). On a observé le même fait à l'égard de quelques plantes de la

(1) Observation faite par M. Th. Fries au jardin botanique d'Upsala.

Sibérie qui, transportées en Allemagne, ne peuvent y supporter l'hiver quoiqu'il y soit beaucoup moins froid.

Les observations que j'ai faites au milieu des régions alpines couvertes de névés de la Laponie boréale me font considérer la fonte des neiges comme agissant plus que toute autre condition sur le développement des petits arbrisseaux à feuilles persistantes, comme les *Calluna*, *Andromeda*, *Vaccinium*, *Empetrum*, etc. Ces arbrisseaux trouvent, en effet, dans la persistance de leurs feuilles une condition très avantageuse. La couche de neige qui les recouvre est extrêmement épaisse dans les montagnes de la Laponie, ainsi que dans les forêts du nord de la Scandinavie ; elle ne disparaît que vers le mois de juin, quand elle ne persiste pas pendant presque tout l'été ; mais, dès que la neige disparaît, les feuilles peuvent assimiler; tandis que la plupart des autres arbres ou plantes doivent former de nouvelles feuilles avant de pouvoir puiser dans le monde extérieur les éléments nécessaires à leur existence, et il en résulte dans l'assimilation un retard d'autant plus grand que la plante est découverte plus tard. Il en résulte aussi, que, toutes les autres conditions étant égales, la plante qui n'a pas de feuilles persistantes emmagasine moins de matières nutritives ; elle est donc dans une position d'infériorité vis-à-vis des arbrisseaux à feuilles persistantes.

L'influence de l'*insolation directe* est intéressante à plus d'un titre. Si on la considère au point de vue général, elle a pour effet : 1° d'élever sensiblement la température ; 2° d'abaisser l'état hygrométrique ; 3° d'augmenter l'intensité de la lumière.

Des expériences faites autrefois par M. de Candolle à Genève (1) montrent que l'action calorifique s'exerce sur les plantes d'une manière moins sensible qu'on ne serait porté à le croire au premier abord. De plus, grâce à l'obliquité du soleil par rapport à la surface de la terre dans les

(1) *Géographie botanique raisonnée*, p. 16-26.

pays du Nord, les rayons ont à traverser sous une grande épaisseur des couches atmosphériques toujours chargées d'une quantité plus ou moins considérable de vapeur d'eau ; l'intensité des rayons solaires doit donc être singulièrement affaiblie, et il en résulterait que leur action serait encore plus faible en Laponie qu'en Suisse.

Une question qui se rattache indirectement à celle de l'insolation, c'est celle de l'effet produit par les différentes expositions et surtout par l'exposition au nord et au sud. On serait tenté à première vue d'attribuer à l'exposition une très grande influence sur la végétation des contrées boréales ou arctiques; j'ai été très étonné de reconnaître qu'elle est au contraire plus faible que dans les régions tempérées (1). C'est sans doute en raison de la faiblesse de cette action que Wahlenberg, qui a recherché si attentivement toutes les causes qui peuvent influer sur la végétation laponne, a toujours négligé de tenir compte de l'exposition. Cette influence, encore très sensible dans les montagnes du Dovre, vers 62°, ne me paraît plus l'être du tout dans la chaîne du Kölen vers 67° de latitude.

Les différences que ce facteur détermine dans l'altitude des plantes alpines ont été déterminées pour quelques montagnes du sud et du centre de l'Europe. M. Martins a montré qu'au mont Ventoux (44°10') les différences s'échelonnent pour diverses espèces entre 50 et 416 mètres (2). Les plantes exposées au sud dépasseraient en moyenne de 137 mètres l'altitude des mêmes espèces exposées au nord.

La différence serait de 172 mètres dans les Alpes de Suisse (47°) et d'après M. Gemellaro de 348 mètres sur l'Etna (37° lat.) (3).

(1) Je ne tiens pas compte naturellement de l'action générale exercée sur tout le versant ouest de la chaîne scandinave ; je considère ici les montagnes de l'intérieur de la Laponie pour lesquelles l'influence directe du Gulf-Stream n'est plus sensible.

(2) Martins. *Ann. sc. nat.*, 2e série, tome x.

(3) Gemellaro, *Linnæa* 1837, p. 143

M. de Candolle en déduit (1) que de 44° à 47° de latitude, « l'exposition directe au soleil produirait sur les plantes, par une augmentation de chaleur et de rayons chimiques, l'effet d'environ 1° de température mesurée par un thermomètre à l'ombre, et sous le 37° l'effet d'environ 2°,3 de température. »

Ces données sont insuffisantes pour qu'on puisse en tirer une conclusion générale.

Quant aux causes qui atténuent jusqu'à la faire disparaître l'action de l'exposition en Laponie, il me paraît rationnel de les chercher en partie dans l'obliquité des rayons solaires dont j'ai parlé il y a un instant, et surtout dans la constance de l'éclairement pendant l'été. Les pentes sont éclairées presque toutes de la même façon, les unes pendant la nuit, les autres pendant le jour, avec une faible différence d'intensité.

La question de l'action de la température nous amène naturellement à considérer les relations qui existent entre elle et l'altitude.

Nous possédons sur ce point des notions précieuses, dues aux recherches de M. Hann dans les montagnes du centre de l'Europe.

Le savant professeur de Vienne a réuni une importante série d'observations dans les montagnes de la Suisse, de l'Autriche et du Harz, entre 46° et 51° de latitude. Ces observations ont été faites jusqu'à plus de 3300 mètres d'altitude. Les chiffres suivants indiquent la moyenne des résultats obtenus. Cette moyenne diffère fort peu de chacun des résultats particuliers à chaque région, et suffit par conséquent pour nous donner une idée exacte de la marche du phénomène.

Décroissance de la température pour 100 *mètres d'altitude*

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Moyenne	0°,33	0°,49	0°,61	0°,64	0°,65	0°,65	0°,65	0°,61	0°,55	0°,48	0°,47	0°,36

(1) De Candolle, *loc. citat.*, p. 23.

On voit que les différences sont plus grandes au printemps qu'à toute autre époque. Les températures minima arrivent donc plus tard dans les montagnes que dans les plaines. Comme pour la surface de la mer à mesure qu'on s'avance vers les pôles, le printemps surtout devient plus froid dans les montagnes à mesure qu'on s'élève en altitude.

D'autre part, les différences sont plus faibles en hiver qu'en été ; le climat des hautes montagnes ressemble donc aux climats maritimes avec un été froid et un hiver relativement doux. M. Hann a calculé qu'à une hauteur de 9000 à 10 000 mètres la différence des saisons doit être nulle (1).

D'après les observations de M. Martins au mont Ventoux, la décroissance suivrait une marche plus rapide sur les montagnes isolées que sur celles qui font partie d'un massif montagneux.

On pourrait supposer d'après ces données que la décroissance est plus faible dans les montagnes de la Laponie, qui s'élèvent ordinairement d'une hauteur peu considérable au-dessus d'une base commune constituant une sorte de plateau. M. Hildebrandsson (2) nous fournit indirectement sur ce point quelques renseignements que nous ne pouvons à coup sûr considérer comme concluants, mais qui seront peut-être le point de départ d'observations suivies et décisives.

On y remarque, en effet, que des lacs situés en Laponie par 66°50′ de latitude et à 300 mètres d'altitude sont pris par les glaces plus d'un mois après d'autres lacs situés sensiblement à la même latitude, mais entre 130 et 160 mètres d'altitude seulement. Ce phénomène est dû certainement à l'influence du Gulf-Stream qui élève la température des sommets de la Laponie. Le fait que les vents chauds venant

(1) J. Hann. *Die Wärmeabnahme mit der Höhe an der Erdoberfläche und ihre jährliche Periode.* Sitz. d. Wiener Akademie, 1870.

(2) Hildebrandsson et Rundlund. *Prise et débâcle des glaces en Suède* dans *Act. soc. reg. scient.* Upsala 1879.

de la Norvège se refroidissent à mesure qu'ils descendent le long du versant suédois tend encore à rendre plus faible la décroissance de température avec l'altitude. Le même mémoire nous apprend que la débâcle a lieu pour les lacs situés à 300 mètres, dix jours plus tard que pour ceux qui sont entre 130 et 160 mètres.

Il serait nécessaire qu'on pût étudier en Laponie cette marche de la température suivant les altitudes ; ces observations y présentent de grandes difficultés résultant surtout du défaut d'habitants.

Nous ne possédons pour la Scandinavie qu'une seule série d'observations dues à M. Mohn. Depuis plusieurs années, le savant météorologiste norvégien a étudié la décroissance de la température entre le sommet du Frognersœtern et l'Institut météorologique de Christiania. Les deux points d'observation sont séparés par une distance de 7450 mètres, complètement négligeable ; la différence d'altitude est de 408 mètres. Conformément à ce que M. Hann a observé dans les Alpes et dans le Harz, la décroissance est très faible en hiver, et beaucoup plus importante en été. En effet, la décroissance (moyenne annuelle) pour 100 mètres d'altitude entre les deux localités norvégiennes est de 0°,55 ; elle est la plus forte en mai où elle atteint 1°,11 pour 100 mètres.

Probablement que les données fournies par les membres de l'expédition de *La Recherche* d'après des observations faites pendant quatre jours du mois d'août au Spitzberg, seraient singulièrement modifiées par des observations annuelles. Il est très vraisemblable, d'après les résultats acquis par M. Mohn, que le chiffre de 172 mètres comme correspondant à une décroissance de 1° est un maximum annuel ou à peu près.

Malgré le défaut de renseignements plus étendus sur ce point, on attribue généralement la cause des limites altitudinales au défaut d'une somme suffisante de chaleur au-dessus du zéro spécial ; c'est là un fait d'observation qui

demanderait pourtant à être mesuré avec précision. On sait du reste que l'action chimique des rayons lumineux du soleil peut compenser la chaleur dans les contrées boréales.

LUMIÈRE. — Cherchons à reconnaître maintenant comment la lumière agit sur la constitution générale de la flore. Mais avant d'aborder ce sujet délicat rappelons en peu de mots quelles sont les différences entre les contrées boréales et les régions tempérées au point de vue de la lumière.

On sait que, pendant la période estivale, la seule qui doive nous intéresser ici, la durée de l'éclairement augmente à mesure que la latitude s'accroît ; cet accroissement n'est pas proportionnel à celui de la latitude ; il est très faible dans les régions équatoriales.

Mais entre Madrid et Bordeaux il est de 20 minutes pour 5 degrés, entre Bordeaux et Amiens il est de 51 minutes, et entre Christiania et Torneå il est de 117 minutes.

On peut calculer l'accroissement de l'éclairement avec une grande exactitude pour une période donnée. Les nombres qui précèdent indiquent les moyennes de sa durée du 15 mai au 30 juillet, la déclinaison étant supposée la même pendant tout ce temps. Les chiffres qui suivent sont beaucoup plus exacts; chacun d'eux représente la moyenne des résultats obtenus par le calcul répété de deux en deux jours, avec la moyenne de la déclinaison exacte à midi entre ces deux jours.

Voici les résultats auxquels on arrive :

LATITUDE.	LOCALITÉS.	Temps moyen que le soleil passe au-dessus de l'horizon du 15 mai au 30 juillet.	
		En heures.	En minutes.
40°	Madrid	14 h. 34	874
45°	Bordeaux	14 54	894
48° 50'	Paris	15 83	938
55° 41'	Copenhague	16 48	1008

59° 51'	Upsala	17	49	1069
63° 50'	Umeå	19	23	1163
65° 19'	Piteå	20	11	1211
67° 17'	Bodö	22	21	1341
68° 30'	Iles Lofoden)	24	0	1440

A partir de 68° la durée de l'éclairement est de 24 heures, pendant toute la période considérée.

Puisque la coloration de la chlorophylle en vert se produit par l'action des radiations lumineuses du spectre solaire, il est certain que, partout où elles agissent, elles produisent le même effet. L'acide carbonique doit donc être décomposé continuellement par la chlorophylle dans les contrées qui sont éclairées sans discontinuité par la lumière solaire. On ne saurait s'étonner par conséquent de voir les végétaux des contrées boréales ou arctiques accomplir toute leur évolution annuelle dans un temps très court. On commettrait une grave erreur en comparant la durée de la période végétative dans les régions arctiques avec sa durée dans les Alpes ; ce qu'il faut considérer, c'est le temps utile de cette période végétative, c'est la quantité de lumière reçue ; si l'on se place à ce point de vue, on comprend que les végétaux qui commencent à végéter en juin en Laponie y accomplissent leur évolution et y mûrissent leurs graines en un temps beaucoup plus court que dans l'Europe moyenne.

Quelques faits bien établis prouvent du reste la justesse de ce raisonnement. L'orge semée en Finmarck peut être récoltée 89 jours après les semailles, tandis que, dans le sud de la Suède, elle exige environ 100 jours pour arriver à maturité, bien que la température y soit plus élevée qu'en Finmarck.

M. de Candolle, en déterminant la limite septentrionale de l'*Aquilegia vulgaris*, du *Radiola linoides* et de quelques autres plantes, qui ne reçoivent pas dans la péninsule

scandinave les sommes de chaleur qu'elles exigent sous d'autres latitudes, admet qu'au delà du 60e parallèle une lumière plus abondante abaisse le chiffre des sommes nécessaires à chaque espèce ; la lumière compense la chaleur. On peut l'accorder, même quand on pense avec M. Linsser et M. Hult que l'hypothèse des sommes de chaleur ne peut être admise qu'avec d'importantes modifications.

Puisque la constance de la lumière favorise assez l'assimilation pour compenser la chaleur trop faible reçue par certaines plantes, on doit croire aussi qu'elle favorise l'emmagasinement des matières nutritives pour les espèces qui trouvent sous les hautes latitudes les conditions de température qui leur suffisent ailleurs. Ce doit être une des causes du grand développement des plantes vivaces dans les contrées boréales ou arctiques.

M. H.-W. Arnell, dans un important mémoire sur le développement de la végétation en Suède, a calculé le temps que mettent les différents phénomènes de la vie végétale à avancer de 1 degré de latitude, de la Scanie vers le nord de la Suède ; il nous apprend que, le jour de 24 heures étant pris pour unité de temps, la floraison des plantes qui fleurissent en Scanie progresse de la façon suivante :

Mois de la floraison en Scanie.	Temps moyen que la floraison met à parcourir 1 degré de latitude.
Avril	4,3
Mai	2,3
Juin	1,5
Juillet	0,5

La marche de ce phénomène a donc un maximum de vitesse en été ; il en est de même des autres phénomènes végétatifs ; ce maximum ne saurait guère être attribué qu'à la durée de l'éclairement, car les travaux de M. Fritsch ont démontré que cet accroissement ne se produit pas en Autriche.

HUMIDITÉ DE L'AIR. — On sait que les hautes montagnes présentent aussi sous des latitudes quelconques un accroissement de lumière à mesure qu'on s'élève; mais cet accroissement est dû surtout à ce que les couches atmosphériques inférieures sont chargées d'humidité. Aussi dans les Alpes, l'atmosphère est déjà notablement plus sèche à 1200^{m}, et à mesure qu'on s'élève, elle perd de plus en plus de vapeur d'eau. Sous ce rapport, les régions arctiques diffèrent notablement de nos contrées montagneuses. Plus on s'approche des pôles, plus souvent le ciel est voilé, et l'atmosphère oppose à la lumière une plus grande épaisseur à cause de l'obliquité des rayons.

Il importe d'étudier l'influence de cette *humidité de l'air*. Malheureusement nous ne possédons jusqu'ici aucun moyen satisfaisant de mesurer l'intensité de la lumière, et l'influence qu'exerce la vapeur d'eau sur cette intensité ne nous est connue que d'une manière approximative. Aussi ne peut-on encore résoudre le problème que je vais toutefois essayer de préciser.

Deux faits jettent quelque lumière sur les relations de l'humidité de l'air avec la végétation : 1° la quantité absolue de vapeur d'eau contenue dans l'air est d'autant plus faible qu'on s'élève davantage et que l'air est moins chaud ; 2° l'état hygrométrique dépend avant tout de la température et de la pression atmosphérique ; il n'influe pas sur la lumière, mais sur les phénomènes individuels de la plante, sur la transpiration surtout ; les autres conditions étant égales, il est d'autant plus élevé que l'air est plus froid.

La quantité absolue de vapeur d'eau diminue beaucoup dans les régions élevées, mais comme la température y est plus basse, l'état hygrométrique tend à s'y élever. Au contraire, la quantité absolue de vapeur d'eau tend, pour diverses causes, à augmenter vers les hautes latitudes, en même temps que, grâce à l'abaissement général de la température, l'humidité relative y est très grande. Or on sait que l'influence

de la vapeur d'eau contenue dans l'air est très considérable en ce sens qu'elle enlève aux rayons solaires une partie considérable de leur pouvoir calorifique ; en revanche, elle empêche la déperdition de la chaleur acquise par le sol et tend par suite à diminuer les variations diurnes de la température. A cet effet vient s'en ajouter un autre. C'est à la présence de la vapeur d'eau que l'air doit surtout la propriété de s'échauffer sous l'action des rayons solaires. La vapeur d'eau a donc pour effet général de tendre à équilibrer les différentes températures diurnes, aussi bien celles du sol que de l'air, et à rapprocher les températures extrêmes.

C'est encore là, nous avons tout lieu de le croire, une des causes qui égalisent les conditions de la vie végétale entre les montagnes et les plaines des contrées boréales. J'ai essayé de montrer plus haut que la neige peut avoir une action considérable en protégeant les plantes vivaces des sommets contre les froids excessifs ; mais supposons un instant que les montagnes du Dovre qui atteignent plus de 2300 mètres d'altitude par le 62me parallèle, ou que le Sulitelma (1874 m.) par 67° 10′ se trouvent, au point de vue de l'humidité atmosphérique, dans les mêmes conditions que les Alpes, c'est-à-dire, que la quantité absolue de vapeur d'eau y diminue très rapidement ; le rayonnement nocturne y deviendrait très puissant, le refroidissement serait considérable. Heureusement le Gulf-Stream amène sans cesse des quantités énormes de vapeur d'eau qui sont condensées sur ces sommets ou même au delà; car pendant l'été, grâce à la constance de l'insolation et au maintien de la température élevée qui en résulte, les condensations se produisent lentement le long des pentes, et n'ont lieu le plus souvent que sur les sommets les plus élevés, comme cela résulte de la moyenne toujours relativement élevée de la quantité absolue de vapeur d'eau observée depuis plusieurs années par les météorologistes dans la région du Dovre en Norvège (1).

(1) Mohn. *Die Klimatologie Norwegens*, Christiania 1872.

La présence de cette quantité de vapeur d'eau dans les couches atmosphériques des plus hautes montagnes de la Laponie, paraît donc les protéger contre les températures extrêmes et donner à ces sommets plus de ressemblance avec la plaine.

Les pages qui précèdent montrent suffisamment que la distribution géographique des végétaux est encore entourée des plus grandes obscurités. J'ai essayé d'en dissiper quelques-unes; mais il semble bien évident que cette intéressante partie de la botanique ne réalisera de réels progrès qu'autant qu'on l'abordera avec des méthodes rigoureuses, en repoussant toutes les hypothèses jusqu'à ce qu'on ait soumis à l'observation et même aux épreuves décisives de l'expérience des phénomènes dont l'explication doit être le plus souvent vérifiable actuellement.

« Tant que les causes auxquelles se rattache un phénomène de la manière la plus directe n'ont pas été prises en considération, on n'a pas le droit de recourir aux causes les plus éloignées. Autrement l'œuvre laborieusement édifiée courrait risque de paraître infructueuse » disait Grisebach (1).

Les hypothèses les plus séduisantes doivent être soumises à une critique attentive. Soutenir des vues de l'esprit par des argumentations de même nature serait un procédé antiscientifique. Puisque notre siècle a eu l'immense mérite de créer, en botanique, les méthodes expérimentales et de faire disparaître les dissertations du champ de cette science, c'est à l'observation et à l'expérience qu'il doit demander la solution des problèmes posés devant nous par la nature.

CH. FLAHAULT.

(1) *Végétation du Globe*, p. 266.

LE COUVERT

ET

LA COUVERTURE

DU SOL FORESTIER.

L'agriculture, comme l'étymologie l'indique, *agrorum cultus*, est la culture des champs, en entendant ce mot dans son acception la plus générale, c'est-à-dire la culture du sol, pour la production des végétaux de toute nature et de toutes dimensions. Par extension l'on rattache à l'agriculture l'élevage des animaux qui vivent d'elle et la font vivre, lui rendant en principes fertilisants ce qu'ils lui ont emprunté comme substances alimentaires. L'élève du bétail, qui d'ailleurs nous fournit la viande, le cuir, la laine, le travail, est donc nécessaire à la production des céréales et réclame impérieusement de son côté une production proportionnelle d'herbages. Les prés, les champs, le bétail, tels sont donc les trois termes fondamentaux de l'agriculture proprement dite ; les cultures spéciales elles-mêmes, horticole, maraîchère, industrielle, etc., leur sont dans une certaine mesure subordonnées, elles aussi, car elles leur empruntent le *pabulum vitæ* de la terre cultivable, le fumier, base de leurs terreaux et de leurs composts.

Il est toutefois un genre du culture, une branche, ou plutôt un *embranchement* de l'agriculture générale qui n'a

de commun avec celle-ci que le fait de se rapporter à une production directe du sol, qui ne lui emprunte ni ses éléments, ni les méthodes, qui enfin se rattache à elle plutôt par de simples analogies, d'ailleurs plus réelles qu'apparentes, que par des similitudes certaines et évidentes.

Nous voulons parler de la culture des bois et des forêts, *sylvarum cultus*, autrement dit de la sylviculture.

Comme les arbres, dont se composent les forêts, ont une longévité hors de proportion avec celle de l'homme, qu'ils ne donnent leur fruit — et par *fruit* nous entendons ici le produit ligneux — qu'après un nombre d'années plus ou moins grand, le traitement, l'élève des arbres réunis en massifs est basé sur des procédés qui n'agissent que lentement et dont l'effet, le plus souvent, n'est sensible qu'à l'œil exercé du forestier de profession.

Aussi n'est-il pas rare d'entendre émettre, à l'encontre des pratiques sylvicoles, de singuliers reproches ou formuler de bien grandes naïvetés.

Tel s'étonne que la propriété boisée réclame une gestion autre que la simple surveillance d'un garde ignorant mais actif, et s'imagine que tout se borne à *laisser pousser* le bois et à le couper ensuite quand on en a besoin.

Celui-ci, envisageant la question à un point de vue diamétralement opposé, reproche aux sylviculteurs d'enlever tout au sol sans jamais lui rendre rien et de préparer ainsi, dans un avenir plus ou moins long mais fatal, la ruine universelle du sol forestier. Les terres incultes et incultivables, les bois clairièrés ou réduits à l'état de broussailles, ne seraient autres, suivant lui, que d'anciennes forêts ruinées ou détruites par une incessante production que n'aurait jamais compensée l'apport d'aucun engrais. Certains, moins absolus, se plaignent seulement que la loi des alternances ne soit pas observée dans la culture des bois, et qu'une forêt de chênes, par exemple, ne soit pas systématiquement, au bout de deux ou trois siècles, transformée en peuplement de hêtres qui, eux-mêmes, seraient remplacés,

après un laps de temps analogue, par une futaie de pins ou de charmes.

Tel autre estime volontiers qu'on ne coupe jamais les bois trop jeunes ni assez souvent; et d'autres encore—mais ceux-là sont plus rares — poussant jusqu'à la superstition non plus la *culture* mais le *culte* des vieux arbres, les laisseraient dépérir et mourir de vieillesse après avoir perdu toute valeur, plutôt que de les abattre en temps utile.

Et si nous pénétrons dans les détails de la pratique des gens du métier, là même nous rencontrerons encore plus d'un préjugé regrettable, plus d'une application défectueuse des principes de la science. L'un, dans la marque en réserve de la futaie d'un taillis composé, aimera mieux, plutôt que de conserver autre chose que de beaux arbres, ne rien réserver du tout, même sur un sol clairièré et découvert, comptant davantage sur l'avenir des rejets à naître autour de la souche d'un arbre coupé que sur l'avenir de cet arbre. Celui-là, dans un massif mélangé, proscrira systématiquement tout ce qui n'est pas l'essence la plus précieuse, sans se demander si le maintien d'une certaine proportion d'espèces subordonnées n'est pas nécessaire à la bonne venue de l'essence principale elle-même. Un autre, pour éviter l'excès, d'ailleurs réparable, d'écraser le sous-bois par une réserve trop abondante, tombera dans l'excès contraire et bien autrement funeste consistant à ne laisser à la jeunesse sur pied ou à naître qu'un abri incomplet et insuffisant.

Il est un fait ignoré des hommes étrangers à la pratique forestière et que méconnaissent ou oublient parfois des hommes du métier eux-mêmes, un fait qui est cependant la base fondamentale de la science sylvicole et de son application, un fait tel enfin qu'il serait à peine excessif de dire que la culture des bois est toute entière dans son existence. Le créer là où il fait défaut, le maintenir là où il existe, le préserver, l'améliorer, l'accroître, telle doit être

avant tout la préoccupation du forestier. Ce fait capital, c'est la *couverture* du sol. Ce que la charrue est à la terre arable, ce que le fumier de ferme est au champ cultivé, ce que l'arrosoir est aux plates-bandes du maraîcher ou le sarcloir à sa planche à légumes, la couverture est tout cela pour le sol et pour les arbres de la forêt.

Qu'est-ce donc que la couverture? qui la produit et de quoi se compose-t-elle? quelles sont ses propriétés? comment les conserve-t-elle ou peut-elle les perdre? quelle est son influence sur la végétation forestière? tels sont les points qui feront l'objet de cette étude.

Pour arriver à élucider quelque peu ces importantes questions, nous devrons faire usage d'un assez grand nombre de chiffres, et les chiffres ont toujours, au premier abord, un aspect plus ou moins aride et repoussant que nul artifice de langage, nulle forme littéraire, ne saurait déguiser. Un chiffre, conséquence de deux ou trois autres chiffres qui l'accompagnent, est un syllogisme dans sa forme la plus brutale et la plus dénudée, dont la vue seule suffit à effaroucher et à repousser bien des lecteurs. Si toutefois quelques-uns d'entre eux veulent bien surmonter le léger ennui que coûte toujours un effort de l'esprit; s'ils ne craignent pas de se livrer à un premier travail que l'écrivain est impuissant à faire pour eux; s'ils veulent bien, enfin, aborder avec l'attention et la persévérance nécessaires les chiffres qui leur seront présentés, nous espérons qu'ils ne tarderont pas à s'estimer dédommagés de leur peine. Ils trouveront peut-être dans la perception des vérités que ces chiffres recèlent, une suffisante compensation aux amertumes du début, et la précision des données ainsi fournies suppléera sans doute à la faiblesse et à l'insuffisance de l'écrivain.

I

Qu'est-ce que la couverture ?

La *couverture*, en forêt, dépend du *couvert*, et le couvert consiste dans l'espèce d'écran interposé entre le sol et les ardeurs de la lumière solaire par l'ensemble de la feuillée et de la ramure des arbres, brins et rejets, qui composent tout massif forestier digne de ce nom. Les feuilles, les fruits, les particules de fleurs, les ramilles, le bois mort, etc., qui tombent périodiquement ou incessamment sur le sol, du haut des arbres, des lances de tous âges et des arbustes et arbrisseaux, tous les détritus végétaux en un mot qui s'épandent à terre pour s'y décomposer lentement, concourent à la formation de la couverture. Les mousses, les lichens, les fougères, les bruyères y contribuent aussi dans une certaine proportion. Et quoique l'idéal, en pareille matière, consiste précisément dans un couvert tellement régulier et tellement complet que toute végétation parasite du sol soit étouffée sous la masse des détritus tombés des cimes, cependant, comme une telle perfection manque presque forcément par quelque côté, il n'y a pas trop à se plaindre quand on voit surgir de loin en loin quelques-uns de ces végétaux cryptogamiques pour lesquels une certaine fraîcheur et une lumière atténuée ou assombrie sont des éléments de prospérité. La présence des bruyères ou des callunes est plus regrettable ; elle indique généralement que le sol commence à s'appauvrir par le manque de couvert et lui apporte des éléments acides qui peuvent, dans certains cas, nuire à sa fertilité. Toutefois un épais fourré de ces plantes couvre encore le terrain et supplée dans quelque mesure à ce que lui refuse ou ne lui donne qu'insuffisamment un peuplement forestier trop peu serré.

Ces indications sommaires permettent de concevoir d'une manière générale ce en quoi consiste la couverture du sol

forestier ; elles ne suffisent pas à en préciser scientifiquement le mode de formation, la composition chimique, les propriétés physiques. Moins encore nous apprennent-elles quelque chose sur le mode d'action de ce tapis du sol et sur les modifications qu'il peut subir sous l'empire de certaines circonstances.

De telles déterminations exigent les minutieuses recherches, les longues et patientes investigations du laboratoire, et l'agronomie forestière est redevable à un savant allemand des expériences, des dosages et des observations comparées qui permettent de répondre avec la précision des chiffres à ces importantes questions. Les données numériques ainsi obtenues par le Dr Ernest Ebermayer, professeur de chimie agricole et de géognosie à l'École royale centrale forestière d'Aschaffenbourg (1), nous seront ici d'un précieux et nécessaire concours.

Les feuilles des arbres, soit qu'elles tombent annuellement et toutes ensemble à chaque automne (feuilles caduques) ; soit qu'elles vivent durant plusieurs années sur les branches qui les portent et ne tombent que lorsque sont venues et se sont développées celles qui doivent les remplacer (feuilles persistantes) ; ou bien qu'elles présentent avec ou sans pétiole apparent, un limbe large et applati, ou affectent la forme aciculaire comme sur les conifères ou arbres résineux; les feuilles des arbres, disons-nous, constituent l'élément essentiel et fondamental de la couverture du sol forestier. Le contingent moins important que lui procure la chute des brindilles desséchées, les fragments

(1) *Die gesammte Lehre der Waldstreu mit Rücksicht auf die chemische Statik des Waldbaues, unter Zugrundlegung der in den königl. Staatsforsten Bayerns angestellten Untersuchungen*, bearbeitet von Dr Ernst Ebermayer. In-8°. Berlin, 1876. — *Etude d'ensemble sur la couverture des forêts, et statique chimique forestière d'après les expériences instituées dans les stations des forêts domaniales de Bavière.* — Trad de M. Grandeau doyen de la faculté des sciences de Nancy, professeur d'agriculture à l'École forestière de cette ville, directeur de la station agronomique de l'Est. (Voir les *Annales* de la dite station agronomique, année 1878, p. 145 et suiv.)

d'écorce morte et le bois sec, se comporte du reste de la même manière. — Des analyses ont été soigneusement faites sur les feuilles et écorces de certaines essences et de différents âges, par M. le Dr Ebermayer (chêne, hêtre, épicéa, pin, mélèze), et par M. Grandeau (châtaignier, robinier, merisier, bouleau) (1) ; pareilles opérations ont été pratiquées à l'École forestière de Tharand (Saxe) par le Dr Schröder sur des rameaux d'un même arbre et de grosseur égale, les uns vivants, les autres morts. On a pu, par la comparaison des résultats de ces analyses variées, se rendre compte de la teneur en principes minéraux de ces parties de la plante et dans l'état de vie et à l'état de mort ; et l'on est arrivé ainsi à la constatation de cette loi remarquable, à savoir que *tous les organes, toutes les parties des arbres possèdent, à l'état vivant, une proportion beaucoup plus forte d'acide phosphorique et de potasse qu'après la cessation de la végétation, tandis que, mortes, les mêmes parties*, appauvries en ces deux substances, *ont vu s'accroître sensiblement leur proportion de chaux et de silice.* Les quatre corps qu'on vient de nommer sont loin d'être les seuls éléments qui entrent dans la composition des cendres, des feuilles et des autres tissus végétaux : la magnésie, l'acide sulfurique, l'oxyde de fer et la soude s'y révèlent également (expériences sur les feuilles du mélèze, de l'épicéa, du chêne et du hêtre); il faut y ajouter l'oxyde de manganèse qu'on peut trouver dans le pin et aussi dans les feuilles du robinier, du merisier, du châtaignier et du bouleau, ainsi que l'acide carbonique et parfois des traces de chlore.

Quelques chiffres de détail ne seront pas inutiles à l'appui de cet exposé. Nous les empruntons aux travaux du Dr Ebermayer et de M. Grandeau, qui mettent en regard les résultats de l'analyse des cendres des feuilles printanières et de celles de feuilles de même nature cueillies ou

(1) *Annales de la station agronomique de l'Est*, année 1878, p. 68 et suiv. *Mémoire sur la composition des feuilles.*

ramassées au moment de leur chute naturelle; on en a fait ressortir la perte ou le gain d'une saison à l'autre. Les aiguilles vives de pin incinérées étaient âgées de deux ans; cueillies l'année même de leur développement, elles donneraient une teneur beaucoup plus forte en acide phosphorique et en potasse, et moindre en chaux et en silice. (V. le *Tableau*, p. 401.)

On peut remarquer qu'après les quatre substances sur lesquelles nous avons appelé tout d'abord l'attention et qui, on le voit, s'accroissent ou s'amoindrissent dans le même sens, la magnésie paraît jouer un rôle relativement considérable dans la composition minérale des feuilles; mais elle se comporte, suivant les essences, en des sens différents : dans le châtaignier, le chêne et le hêtre, elle diminue par la mort de la feuille ; dans les aiguilles du pin, sa proportion s'accroît; et si nous multipliions les exemples, nous la verrions s'élever également dans la feuille du merisier et dans celle du bouleau, s'atténuer dans celle du robinier. Les autres substances, de quantités généralement moindres, varient pareillement dans leur rôle, et quelquefois manquent tout à fait. Les chiffres du *Tableau* n'ont rien d'absolu d'ailleurs, et leur importance réciproque changerait avec les sols, les altitudes, les expositions et autres circonstances locales.

Mais les cendres, c'est-à-dire les matières minérales, ne sont elles-mêmes qu'une partie de la substance végétale. Les feuilles contiennent en outre des principes organiques tels que l'amidon, la fécule, la glucose, etc., qui s'en vont, à l'automne, au fur et à mesure du dépérissement de leur limbe, s'emmagasiner, avec l'acide phosphorique et la potasse, dans le bois vif des branches et de la tige, pour former dans leurs tissus cette provision d'hiver qu'on nomme la *réserve alimentaire*, laquelle trouvera son emploi au renouveau du printemps. Si l'on cherche à se rendre compte de la teneur en eau, cendres et azote dans les feuilles, on remarquera que la première s'amoindrit dans une forte proportion, de la pleine vitalité à l'âge du dépérisse-

Tableau donnant la teneur en cendres des feuilles naissantes, et des feuilles mortes ou mourantes.

COMPOSITION en centièmes DES CENDRES.	CHÊNE				CHATAIGNIER				HÊTRE				PIN			
	Feuilles vives.	Feuilles mortes.	Perte.	Gain.	Feuilles vives.	Feuilles mortes.	Perte.	Gain.	Feuilles vives.	Feuilles mortes.	Perte.	Gain.	Feuilles vives.	Feuilles mortes.	Perte.	Gain.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Potasse	33.14	3.35	29.79	»	31.85	10.52	21.33	»	37.81	5.36	32.45	»	22.00	9.45	12.25	»
Chaux	26.09	48.63	»	22.54	18.41	49.50	»	31.09	18.74	30.63	»	21.89	25.95	28.65	»	2.70
Acide phosphorique.	12.19	8.08	4.11	»	19.31	8.35	10.96	»	23.89	5.90	17.99	»	12.71	3.94	8.77	»
Silice.	4.41	30.95	»	26.54	1.59	4.67	»	3.08	5.12	51.26	»	46.14	5.80	17.93	»	12.13
Magnésie	13.53	3.96	9.57	»	9.16	6.90	2.26	»	6.89	3.04	3.85	»	7.79	9.67	»	1.88
Acide sulfurique . .	2.71	4.42	»	1.71	4.98	2.75	2.23	»	4.54	1.26	3.28	»	4.44	6.48	»	2.04
Oxyde de fer . . .	1.18	0.61	0.57	»	0.50	2.17	»	1.67	0.96	2.22	»	1.26	2.70	3.56	»	0.86
Oxyde de manganèse	»	»	»	»	11.84	12.52	»	0.68	»	»	»	»	5.41	5.39	0.02	»
Soude	»	0.61	»	0.61	2.39	2.59	»	0.20	2.05	0.33	1.72	»	3.00	1.52	1.48	»
Acide carbonique. .	»	»	»	»	7.37	13.22	»	5.85	»	»	»	»	»	»	»	»
(1)			44.04	51.40			36.78	42.57			59.29	69.29			22.52	19.61

(1) On obtiendrait des résultats analogues, quoique non identiques, en

ment, tandis que la teneur en cendres progresse au contraire. Les résultats des recherches de M. Grandeau, résumés dans le tableau de la page suivante, nous en fournissent la preuve.

La teneur en cendres est ici rapportée à la matière fraîche. Rapportée à la matière sèche, elle serait beaucoup plus élevée ; mais la loi de son accroissement en matières incombustibles, de la feuille naissante à la feuille morte, ne serait plus aussi apparente ni aussi accentuée, sauf pour le pseudo-acacia (1).

Ce n'est pas par un brusque ressaut que la feuille subit ces changements de composition, mais par une action insensible et continue qui paraît procéder d'un maximum réalisé dès la première foliaison et qui décline graduellement jusqu'à la mort. Celle-ci elle-même n'étend que peu

comparant la composition des cendres de la partie morte ou caduque des écorces avec la partie interne et vive. M. Ebermayer a fait cette recherche sur des écorces d'épicéa, et il a trouvé les chiffres suivants, d'où nous avons déduit comme ci-dessus la perte et le gain.

COMPOSITION en centièmes des cendres. 1	Écorce interne ou vivante. 2	Rhytidome ou écorce externe, morte. 3	PERTE. 4	GAIN. 5
Potasse	12.20	2.71	9.49	»
Chaux	38.18	35.57	2.71	»
Acide phosphorique	1.33	1.30	0.03	»
Silice	2.52	25.87	»	23.35
Magnésie	5.66	2.32	3.34	»
Acide sulfurique	0.51	4.95	»	4.44
Oxyde de fer	1.39	3.06	»	1.67
Oxyde de manganèse	12.61	5.35	7.26	»
Soude	1.57	0.38	1.19	»
			22.02	29.46

(1) La proportion, rapportée à la matière sèche, des cendres de jeunes feuilles aux cendres de feuilles mortes, serait : pour le châtaignier, de 4,60 — 4,55 = 0,05 (diminution); pour le bouleau, de 3,84 — 4,68 = 0,84 (accroissement); pour le merisier, de 7,80 - 7,24 = 0,56 (diminution) ; enfin pour le robinier faux-acacia de 6,25 — 11,74 = — 5,49 (accroissement).

Tableau donnant la teneur en eau, azote et cendres de feuilles de mai, et de feuilles mortes ou mourantes.

TENEUR EN EAU ET TAUX DE L'AZOTE ET DES CENDRES, p. 100.	CHATAIGNIER				BOULEAU				MERISIER				ROBINIER			
	Feuilles de mai.	Feuilles d'octob.	Perte.	Gain.	Feuilles de mai.	Feuilles d'octob.	Perte.	Gain.	Feuilles de mai.	Feuilles d'octob.	Perte.	Gain.	Feuilles de mai.	Feuilles d'octob.	Perte.	Gain.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
EAU	72.00	44.80	28.20	»	67.50	50.25	17.25	»	70.00	54.20	15.80	»	73.50	55.40	18.10	»
AZOTE	2.12	0.62	1.50	»	2.51	0.49	2.02	»	2.00	0.11	1.89	»	3.59	0.70	2.89	»
CENDRES . . .	1.28	1.38	»	0.10	1.24	2.28	»	1.04	2.32	3.28	»	0.96	2.33	5.16	»	2.83

à peu son empire : en octobre la température s'abaisse (1), l'intensité de la lumière solaire diminue, la transpiration, l'alimentation, toutes les fonctions des organes végétaux sont enrayées ; l'altération des feuilles se manifeste par d'importants changements dans leur coloration, résultant, tout d'abord, de la destruction de la chlorophylle qui donne la teinte jaune au plus grand nombre, en même temps que par une notable perte de poids. Une absorption croissante de l'oxygène atmosphérique, qui amène sur certaines feuilles la transformation de la teinte jaune en rouge, entraîne, même après la chute, la décomposition des matières hydrocarbonées (sucre, amidon, cellulose, acides végétaux), qui s'étaient formées aux dépens de l'acide carbonique et de l'eau ; la feuille devient d'un brun sale, il se forme des acides humique, ulmique et autres qui sont le propre des matières végétales en décomposition.

Cette chute des feuilles varie, quant à son époque, non seulement avec les essences, mais avec une foule de conditions ou circonstances climatériques : l'époque moyenne peut en être fixée des derniers jours d'octobre au 15 ou 20 novembre, dans nos climats tempérés et pour les arbres dits feuillus ou à feuilles caduques. Les conifères, si l'on en excepte le mélèze qui se dépouille à chaque automne comme les feuillus, conservent leurs aiguilles pendant plusieurs années et en perdent quelques-unes à toute saison.

Si la feuille morte, pétiolée ou aciculaire, constitue l'élément essentiel et prédominant de la couverture, il importe au plus haut degré de connaître la quantité de cette matière fournie ou pouvant être annuellement fournie au sol par le peuplement forestier qui le couvre. Cette quantité varie avec une foule de circonstances : différence des essences, sol, climat, exposition, altitude; mais très principalement avec l'âge des bois, leur mode de traitement et

(1) D'après Ebermayer la température moyenne serait en octobre de 6° R (7°,5 C) inférieure à celle de septembre, et la température du sol, à 4 pieds de profondeur, s'abaisserait de 4° à 1° R (5° à 1°,3 C).

d'exploitation, le plus ou moins d'épaisseur et de continuité des massifs. Il n'est donc pas possible d'arriver à une détermination exacte de ce facteur fondamental de la fécondité du sol forestier, par des évaluations faites au jugé ; il faut pour cela des expériences directes, des pesées nombreuses et répétées permettant d'établir des moyennes. Depuis douze ou quinze ans des recherches de cette nature ont été faites, en Bavière, dans quatre-vingt-sept stations, dont le Dr Ebermayer a publié les résultats. Nous donnerons quelques moyennes déterminées d'après les chiffres de son tableau récapitulatif. Il s'agit de déterminations faites les unes d'année en année, les autres de trois ans en trois ans, et les dernières de six en six ans, dans des massifs de hêtres de 30 à 90 ans et au-dessus, d'épicéas des mêmes âges, de pins de 25 à 100 ans, et enfin dans des forêts des mêmes essences plus particulièrement protégées contre toute soustraction des détritus répandus sur le sol. Les chiffres représentent le poids de cette couverture sur un hectare.

Rendement en poids de la couverture sur un hectare de forêt.

COMPOSITION ET AGES des peuplements.	MOYENNE DES RENDEMENTS			Rendement des forêts très bien protégées contre tout enlèvement des éléments de la couverture.
	annuelle	triennale	sexennale	
1	2	3	4	5
	Kilog.	Kilog.	Kilog.	Kilog.
HÊTRE. . . . (30 à 90 ans et au-dessus)	4 106	8 160	8 460	10 417
EPICÉA . . . (30 à 90 ans et au-dessus)	3 537	7 591	9 390	13 859
PIN . . . . . (25 à 100 ans).	3 706	8 987	13 729	18 279

Ce qui frappe tout d'abord l'attention, à la première vue

de ce tableau, c'est la faiblesse relative des rendements triennal et sexennal comparés au rendement annuel. Mais il est on ne peut plus facile d'en démêler la cause. La couverture recueillie chaque année et pesée aussitôt, donne le poids intégral de ses éléments ; au bout de trois ans, une partie de ceux-ci s'est décomposée et transformée en *humus*, lequel appartient au sol végétal et ne fait plus partie de la couverture. A ce point de vue, la comparaison des chiffres qui précèdent révèle même plusieurs faits importants.

Au bout de trois ans le poids de la couverture sous le hêtre et l'épicéa est environ le double (un peu moins pour le hêtre, un peu plus pour l'épicéa) de ce qu'il est au bout d'un an ; c'est donc qu'un tiers à peu près s'est converti en humus.

Le poids, au bout de six ans, n'est pas sensiblement plus fort qu'au bout de trois ans, pour le hêtre ; c'est donc que la feuillée tombée des hêtres met trois ans environ à se changer en humus.

Sous l'épicéa, la couverture sexennale pèse près de trois fois plus que la couverture annuelle, et cependant la comparaison de cette dernière avec celle de trois ans révèle une consomption des aiguilles de l'épicéa presque aussi rapide que celle des feuilles du hêtre ; d'où vient donc l'accroissement du poids sexennal? Ici intervient un des éléments accidentels de la couverture auxquels nous avons fait allusion en commençant, la mousse, qui ne se décompose pas ou ne se décompose qu'avec une extrême lenteur et se trouve encore intacte au bout de six ans, alors qu'un bon tiers de la feuillée a passé à l'état de terreau.

Pour le pin, le poids triennal des aiguilles tombées est près du triple du poids annuel, ce qui indique qu'une très faible partie seulement s'est décomposée en trois ans, la partie représentée par la différence entre le triple de 3708, soit 11124, et le poids constaté, différence que représente le chiffre 1561 : c'est un peu moins de 1/7. Au bout de six

ans le poids n'arrive pas au quadruple du poids annuel, il ne dépasse le poids triennal que d'un tiers ; le tiers de la totalité des détritus s'est donc décomposé en six ans.

Enfin, si l'on compare la dernière colonne du tableau aux précédentes, on constatera que, dans les forêts parfaitement protégées contre toute déprédation ou diminution quelconque de la couverture normale, le poids de celle-ci est, pour le hêtre, deux fois et demi plus élevé que le poids de la feuillée tombée annuellement, pour l'épicéa près de quatre fois, et près de cinq fois pour le pin (1).

II.

Formation de la couverture.

Nous avons vu incidemment qu'il y a, dans les éléments de la couverture, de l'eau, des matières minérales et des matières organiques. Ces dernières notamment occupent, dans le rôle cultural de la couverture, une place considérable. Se rendre un compte exact de l'importance relative et du mode d'action de chacun de ces éléments est une partie intégrante de l'étude que nous poursuivons. Pour y arriver il faut apprécier ces éléments non seulement en eux-mêmes, mais encore dans leur répartition entre la tige des arbres et celles de leurs parties qui forment les

(1) Les feuilles ont été pesées après avoir été séchées à l'air, et comprimées aussi exactement que possible sous des volumes géométriques. Les moyennes de ces pesées donnent 62 kilog., pour le mètre cube de feuilles de hêtre; 152 kilog., pour le mètre cube d'aiguilles d'épicéa; 101 kilog., pour le mètre cube d'aiguilles de pin. — Avec le mélange naturel de mousse, la couverture sous bois d'épicéa, pèse seulement 137 k.6 au mètre cube ; et la couverture sous bois de pin qui se trouve mélangée de mousse, de bruyère et de sable donne 161 k.8 en moyenne au mètre cube.

Ebermayer a trouvé par les mêmes procédés, 59 kilog. pour le poids du mètre cube de fougères seules; 60 k.3 pour le mètre cube de bruyères avec tiges, et enfin, comme terme de comparaison, 70 k. pour le mètre de paille de seigle.

détritus, de manière à pouvoir comparer ce qui est enlevé au sol par l'exploitation des bois et ce qui lui est conservé.

Il a été indiqué plus haut, par des expériences de M. Grandeau sur les feuilles du châtaignier, du bouleau, du merisier et du faux-acacia, que la teneur en eau de ces organes au moment de leur chute naturelle, varie en nombres ronds de 45 à 55 pour cent, après avoir été de 67 1/2 à 73 1/2 au commencement du mois de mai. On peut dire d'une manière générale que les jeunes feuilles des arbres angiospermes et les aiguilles des conifères renferment, au printemps, de 60 à 78 pour cent de leur poids d'eau ; que de juin jusque vers la fin de la période de la végétation cette teneur en eau, qui a sensiblement diminué, oscille entre 50 et 60 pour cent ; qu'enfin, au moment où ils tombent naturellement, ces mêmes organes contiennent encore de 30 à 50 pour cent d'eau dont, au bout de peu de temps, ils n'ont plus conservé, à terre, que vingt à trente. Peu à peu, sous l'influence de l'air atmosphérique, ils se dessèchent encore, ne gardant plus d'eau hygroscopique que 15 à 20 pour cent.

En cet état, si on place les éléments de la couverture en un lieu chaud, aéré et sec, qu'il s'agisse des feuilles à limbe des feuillus ou des aiguilles des résineux, ou bien de mousse de forêt, la teneur en eau, d'après Ebermayer, descendra à une proportion constante de 11 à 15 (en moyenne 13 1/2) pour cent. Soumises alors à l'analyse les mêmes substances révèlent une proportion moyenne de matières combustibles, c'est-à-dire organiques, de 81 à 82 pour cent, variant entre des extrêmes de 76 à 88 (1).

(1 Feuilles de hêtre	:	76	à	82,	moyenne	79,0	pour cent
— chêne	:	81	à	82	—	81,5	—
— épicéa	:	79	à	86	—	82,5	—
— sapin	:	78	à	86	—	82,0	—
— pin	:	82	à	88	—	85,5	—
— mélèze	:			82	—	82,0	—
Mousses div.	:	78	à	85	—	81,5	—
					Moyenne générale	82,0	pour cent.

On verra plus tard quelle est la composition de cette partie organique de la couverture.

Il importe auparavant d'examiner comment l'activité annuelle de la végétation forestière se répartit en production ligneuse fixe et en matière caduque de fait, autrement en détritus. Les résultats d'expériences innombrables fournissent à cet égard les données les plus précieuses et les plus nouvelles. On a, pendant une suite d'années, constaté la production annuelle en matière *sèche* d'un grand nombre de massifs forestiers, déterminée 1° par l'accroissement annuel estimé sur chaque parcelle, pour les coupes exploitées tant principales qu'accessoires, par l'agent forestier du lieu ; 2° par l'évaluation de la chute annuelle des feuilles faite au moyen de nombreuses pesées dans chacune de ces parcelles. Et pour que ces déterminations fussent entourées de toutes les conditions désirables de vérification, de correction et de contrôle, il a été tenu compte, dans chaque parcelle d'expérience, de l'altitude, de l'exposition, du degré de déclivité du sol, de son origine géologique et de sa composition minéralogique, de sa consistance, de son degré d'humidité, de sa profondeur de pénétrabilité par les racines, enfin de la nature, de l'âge et de la composition des massifs. On a pu obtenir ainsi pour l'accroissement moyen annuel en tige et en branchages, des chiffres très précis, très concordants entre eux et dont nous extrayons, pour les trois essences hêtre, épicéa et pin, les moyennes consignées au tableau suivant et se rapportant à des massifs de différents âges, depuis les bois moyens jusqu'aux bois exploitables, en passant par les bois approchant du terme de l'exploitabilité.

Ces chiffres nous donnent les accroissements annuels en *produits principaux*, c'est-à-dire en fonction des bois à abattre à maturité et composant les coupes principales. Il faut y ajouter, pour avoir le volume total, les accroissements en produits secondaires ou accessoires, c'est-à-dire se rapportant au bois qui doit tomber par le fait des coupes

de nettoiement et d'éclaircie, et enfin, — comme il s'agit ici de massifs traités en futaies pleines et régulières — l'accroissement des souches et racines afférentes au produit des coupes principales.

NOMBRE DE MÈTRES CUBES

représentant, par hectare, l'accroissement des massifs de chaque âge

EN PRODUITS PRINCIPAUX.

ESSENCES 1	MOYENNE minima 2	MOYENNE maxima 3	MOYENNE finale 4	MOYENNE minima 5	MOYENNE maxima 6	MOYENNE finale 7	MOYENNE minima 8	MOYENNE maxima 9	MOYENNE finale 10
	De 30 à 60 ans			De 60 à 90 ans			De 90 à 120 ans		
	M. C.	M. C.	M. C.	M. C.	M. C.	M. C.	M. C.	M. C.	M. C.
HÊTRE	2.86	7.60	**4.80**	2.22	5.54	**3.67**	2.98	4.80	**3.89**
ÉPICÉA	2.26	9.96	**6.71**	4.57	9.57	**7.28**	3.45	7.76	**6.07**
	De 25 à 50 ans			De 50 à 75 ans			De 75 à 100 ans		
PIN	2.21	6.00	**4.12**	4.48	7.39	**5.75**	2.55	5.71	**4.34**

Par leurs nombreuses mesures comparées, les collaborateurs du professeur Ebermayer, ont déterminé des facteurs qui permettent de passer aisément du volume principal à ces volumes accessoires. Ces facteurs sont de 10, 25 et 35 p. 100 du volume principal suivant les trois catégories d'âge, pour l'accroissement en fonction des produits des nettoiements et éclaircies, — et de 5, 10 et 15 p. 100 pour le bois des souches et racines. Si nous les appliquons à nos moyennes finales du tableau qui précède, et si nous totalisons avec elles les produits donnés par ces facteurs, nous obtiendrons les résultats consignés ci-dessous :

ESSENCES. 1	Produit principal. 2	Nettoiements et éclaircies. 3	Souches et racines. 4	PRODUIT TOTAL. 5	Produit principal. 6	Nettoiements et éclaircies. 7	Souches et racines. 8	PRODUIT TOTAL. 9	Produit principal. 10	Nettoiements et éclaircies. 11	Souches et racines. 12	PRODUIT TOTAL. 13
	de 30 à 60 ans.				de 60 à 90 ans.				de 90 à 120 ans.			
	M. C.	M. C.	M. C.	M. C.	M. C.	M. C.	M. C.	M. C.	M. C.	M. C.	M. C.	M. C.
HÊTRE. .	4.80	0.48	0.24	**5.52**	3.67	0.55	0.37	**4.59**	3.89	1.37	0.58	**5.84**
ÉPICÉA .	6.71	1.01	0.33	**8.05**	7.28	1.82	0.73	**9.33**	6.07	2.13	0.91	**9.11**
	de 25 à 50 ans.				de 50 à 75 ans.				de 75 à 100 ans.			
PIN . . .	4.12	0.41	0.21	**4.74**	5.75	1.44	0.58	**7.77**	4.34	1.52	0.65	**6.51**

Ces derniers chiffres ne suffisent pas pour la comparaison du produit forestier proprement dit avec le produit-détritus qui ne peut s'évaluer exactement qu'au poids. Il faut donc que les volumes soient remplacés par leurs poids. Par des pesées de bois des mêmes essences, séchés à l'air, on a obtenu 0,70 pour le poids spécifique du hêtre, c'est-à-dire pour le poids du décimètre cube, 0,45 pour l'épicéa, et, pour le

pin 0,60. — Des poids ainsi obtenus il faut retrancher 15 p. 100, poids de l'eau hygroscopique, pour avoir le poids seulement de la matière sèche ou anhydre. On obtient de la sorte les chiffres suivants :

1 mc	hêtre pesant,	brut,	700 kos.	pèse,	anhydre,	700 —	105 =	595 kos.
1 mc	épicéa —	—	450 —	—	—	450 —	68 =	382 —
1 mc	pin —	—	600 —	—	—	600 —	90 =	510 —

Il s'agit maintenant d'appliquer ces poids aux volumes donnés par les colonnes 5, 9 et 13 du tableau qui précède, et d'y ajouter le poids de la couverture annuelle, non pas tel qu'il résulte des chiffres portés à la colonne 2 du tableau de la page 405 (1), mais en réduisant ceux-ci de 15 à 20 p. 100, afin d'obtenir le poids en matière anhydre (2).

Les chiffres du tableau suivant montrent (colonnes 3 et 4) qu'un massif forestier traité en futaie rend chaque

(1) Les chiffres donnés aux colonnes 2 et 3 du tableau de la page 405, sont des moyennes. Voici le détail des éléments d'où elles ont été tirées :

Détail du rendement, EN DÉTRITUS, *des massifs forestiers*

COMPOSITION et âge des peuplements. 1		Rendement annuel par essence et par âge. 2	Rendement annuel moyen par essence. 3	Rendement triennal par essence et par âge. 4	Rendement triennal moyen par essence. 5
		KILOG.	KILOG.	KILOG.	KILOG.
HÊTRES	de 30 à 60 ans	4 182	4 106	9 693	8 160
	de 60 à 90 ans	4 094		6 177	
	de 90 à 120 ans	4 044		8 612	
ÉPICÉAS	de 30 à 60 ans	3 964	3 537	8 290	7 591
	de 60 à 90 ans	3 376		7 170	
	de 90 à 120 ans	3 273		7 314	
PINS . .	de 25 à 50 ans	3 397	3 706	8 004	8 987
	de 50 à 75 ans	3 491		8 729	
	de 75 à 100 ans	4 229		10 228	

(2) On a dit, pag. 408, que si l'on place les éléments de la couverture dans des conditions exceptionnelles de dessiccation, leur teneur en eau descend à une proportion constante de 11 à 15 p. cent. Il est évident qu'il ne peut s'agir ici d'une telle dessiccation qui est toute artificielle, mais de la dessiccation naturelle en forêt, et la feuille morte, en ces conditions, retient toujours de 15 à 20 pour cent d'eau.

année au sol presque autant de matière qu'il en livre à l'exploitation et quelquefois plus (1).

COMPOSITION et âges des peuplements. 1		VOLUMES de rendement annuel en bois. 2	POIDS du rendement annuel en bois anhydre. 3	POIDS du rendement annuel en feuillée anhydre. 4	POIDS TOTAL du rendement annuel en matière sèche. 5
		M. C.	KILOG.	KILOG.	KILOG.
HÊTRES	de 30 à 60 ans	5,52	3 284	3 365	6 649
	de 60 à 90 ans	4,59	2 731	3 368	6 099
	de 90 à 120 ans	5,84	3 474	3 270	6 744
MOYENNES		**5,32**	**3 163**	**3 334**	**6 497**
ÉPICÉAS	de 30 à 60 ans	8,05	3 075	3 369	6 444
	de 60 à 90 ans	9,33	3 749	2 869	6 618
	de 90 à 120 ans	9,11	3 480	2 783	6 263
MOYENNES		**8,83**	**3 435**	**3 007**	**6 442**
PINS . .	de 25 à 50 ans	4,74	2 417	2 921	5 338
	de 50 à 75 ans	7,77	3 963	3 002	6 965
	de 75 à 100 ans	6,51	3 320	3 636	6 956
MOYENNES		**6,34**	**3 233**	**3 186**	**6 420**

Ce fait ne saurait encore nous suffire. Ce que nous cherchons à dégager en ce moment, c'est la matière organique : nous nous sommes débarrassés de toute trace d'eau hygrométrique; il reste encore les principes inorganiques ou minéraux, qu'il est nécessaire d'éliminer quant à présent.

(1) A la condition toutefois que la possibilité des forêts qui le composent ne soit point dépassée, c'est-à-dire qu'il ne soit point abattu plus de bois que le mouvement naturel de la végétation n'en produit annuellement.

Ces principes, on l'a dit plus haut, sont représentés par les cendres, et nous avons même jeté un coup d'œil sur la composition et le rôle de celles-ci. Dans les expériences, au nombre de plusieurs milliers, au moyen desquelles ont été déterminées les données que résument les chiffres des tableaux ci-dessus, il a été constaté que les bois des différentes essences forestières contiennent *moyennement* 1 p. 100 de leur poids en cendres; et, quant à la couverture, que celle-ci en contient des proportions beaucoup plus fortes : 5,60 p. 100 pour les essences feuillues, 4,50 p. 100 pour les épicéas et 1,46 p. 100 pour les pins.

En opérant ces nouvelles réductions sur les chiffres des colonnes 3, 4 et 5 du tableau précédent, nous arrivons aux résultats suivants (V. le tableau p. 415).

D'où l'on voit que la matière organique produite chaque année se répartit par portions sensiblement égales entre le produit ligneux à exporter et le produit-détritus dont le rôle et la destination est de former couverture sur le sol pour s'y convertir peu à peu en humus. Il résulte de la concordance des moyennes générales qui ont été obtenues, que cette proportionnalité, sensiblement égale de part à d'autre, est indépendante de la nature des essences.

Remarquons que, d'une part, dans l'évaluation du rendement annuel en produit ligneux, rien n'a été omis, puisqu'on y a compris même les souches et les racines des arbres parvenus au terme de leur exploitabilité. D'autre part, dans l'évaluation de la production détritique, on a adopté des chiffres très inférieurs aux maxima possibles. Si le lecteur veut bien se reporter au tableau de la page 405, il sera frappé, en comparant la cinquième colonne aux précédentes, du surcroît considérable de poids de la couverture trouvé dans des massifs forestiers particulièrement protégés contre tout enlèvement, toute soustraction des détritus gisant sur le sol. Si donc l'on voulait refaire les calculs consignés aux deux tableaux qui précèdent immédiatement, 1° en ne tenant pas compte de l'accroissement des souches

COMPOSITION et âges DES PEUPLEMENTS.	BOIS ANHYDRE		FEUILLÉE ANHYDRE		PRODUCTION TOTALE	
	avec principes minéraux.	cendres déduites.	avec principes minéraux.	cendres déduites.	avec principes minéraux.	réduite aux seules matières organiques.
1	2	3	4	5	6	7
	KILOG.	KILOG.	KILOG.	KILOG.	KILOG.	KILOG.
HÊTRE de 30 à 60 ans	3 284	3 251	3 365	3 177	6 649	6 428
HÊTRE de 60 à 90 ans	2 731	2 704	3 368	3 179	6 099	5 883
HÊTRE de 90 à 120 ans	3 474	3 439	3 270	3 087	6 744	6 526
MOYENNES	3 163	**3 131**	3 334	**3 147**	6 497	6 279
ÉPICÉA de 30 à 60 ans	3 075	3 044	3 369	3 217	6 444	6 261
ÉPICÉA de 60 à 90 ans	3 749	3 712	2 869	2 740	6 618	6 452
ÉPICÉA de 90 à 120 ans	3 480	3 445	2 783	2 658	6 263	6 103
MOYENNES	3 435	**3 400**	3 007	**2 872**	6 442	6 272
PIN . . de 25 à 50 ans	2 417	2 393	2 921	2 878	5 338	5 271
PIN . . de 50 à 75 ans	3 963	3 923	3 002	2 958	6 965	6 881
PIN . . de 75 à 100 ans	3 320	3 287	3 636	3 578	6 956	6 865
MOYENNES	3 233	**3 201**	3 186	**3 138**	6 420	6 339

et racines qui souvent ne sont pas enlevées, et 2° en se basant sur les poids de couverture annuelle que l'on pourrait tirer des chiffres de la dernière colonne du tableau de la page 405, l'on arriverait à une production en détritus retournant au sol, supérieure même à la production ligneuse et marchande.

Il est préférable toutefois de s'en tenir, pour éviter tout mécompte, aux chiffres obtenus en se basant sur des données moins favorables. Ils suffisent d'ailleurs surabondamment à déterminer l'importance du rôle de la couverture, comme nous espérons le faire voir un peu plus loin. Et pour terminer enfin par des chiffres un exposé lui-même hérissé de chiffres, nous établirons ainsi la proportion de matière organique rendue au sol par les forêts des trois essences que nous avons prises pour types :

Couverture	sous bois	de hêtre :	50.0 p. c.	de la matière	organique produite;
—	—	d'épicéa :	45.7 p. c.	—	—
—	—	de pin :	49.5 p. c.	—	—

III

Composition élémentaire de la couverture.

On sait que la composition fondamentale de toute substance organique, et par conséquent de toute matière végétale, comprend invariablement ces quatre corps simples : carbone, oxygène, hydrogène et azote. La proportion de ces éléments est sans doute variable suivant les plantes et parties de plantes que l'on considère, et il s'y ajoute toujours une certaine part de matières minérales qui se manifeste, après la combustion, par un résidu de cendres. Nous avons vu, quant à celles-ci, que la quantité en est beaucoup plus forte, à masse égale, dans la feuillée que dans le bois. Néanmoins, si l'on prend une moyenne générale de compo-

sition des végétaux, on arrive à des chiffres autour desquels oscillent, avec de faibles écarts, les proportions réelles de ces divers éléments pour chaque plante ou partie de plante. Cette moyenne est celle-ci :

Matière organique.	Carbone.	45,0
	Oxygène.	42,0
	Hydrogène.	6,5
	Azote.	1,5
Matière minérale. —	CENDRES.	5,0
	Total.	100,0

Telle est, du reste, à peu de chose près, et avec une proportion d'azote un peu moins forte (1,15 à 1,25 p. c. au lieu de 1,50), la composition de l'ensemble des détritus formant la couverture du sol forestier. La substance ligneuse, le bois desséché à 100 degrés, est plus riche en carbone (48 à 50 pour cent) et plus pauvre en azote (0,5 à 0,8 pour cent). Au contraire, les feuilles, même mortes, renferment une quantité d'azote plus considérable ; les matières azotées y figurent dans une proportion qui varie de 5 à près de 12 centièmes (1). Et quant au bois, sa pauvreté en azote est d'autant plus grande qu'il est parvenu à un diamètre plus considérable.

La feuillée sèche, la couverture, ne contient guère moins de carbone que le bois ; la moyenne de la proportion de cet élément dans les trois essences qui nous servent de type,

(1) D'après les recherches de Krutzsch, 100 parties de feuilles mortes, complètement sèches renferment les proportions suivantes de matières protéiques :

Feuillée de hêtre,	de 5 à 7.81	de matières azotées
— chêne	6.62	—
— épicéa	8.43	—
— pin	11.81	—
— mélèze	5.50	—
Menues branches d'épicéa	3.56	—
Cônes de pin	2.31	—

(Ebermayer, traduit par L. Grandeau, *l. c.*, p. 178.)

étant de 51,33 pour cent dans le bois anhydre (hêtre, 50, épicéa et pin, 52), tombe à 46 pour cent dans la couverture (hêtre, 48 ; épicéa et pin, 45).

Il en résulte une quantité de carbone fixée chaque année par hectare, égale à 3053 kilogrammes, dont 1680 kilogrammes dans le bois et 1373 kilogrammes dans la feuillée, pour la moyenne de nos trois essences, ou — ce qui revient au même — pour un massif dans le peuplement duquel ces trois essences, hêtre, épicéa et pin, entreraient par portions égales (1).

Cette quantité considérable de carbone, qui est peu de chose encore comparée aux quantités qu'en absorbent certaines céréales (2), provient uniquement de la décomposition de l'acide carbonique et correspondrait à 11 194 kilogrammes ou 5 682 mètres cubes de ce gaz presque entièrement puisés dans l'air atmosphérique par l'organe des feuilles. On sait que la proportion normale de gaz carbonique contenue dans l'atmosphère est de 0,4 de décimètre cube, autrement dit 4 décilitres, pour 1 mètre cube ou 1000 litres d'air, en sorte que 1 mètre cube d'acide

(1) Voici le détail de ces chiffres, d'après les données d'Ebermayer :

ESSENCES 1	Carbone du bois. 2	Carbone de la couverture. 3	Quantités totales. 4
	KIL.	KIL.	KIL.
HÊTRE	1 586	1 416	3 002
ÉPICÉA	1 790	1 292	3 082
PIN	1 664	1 410	3 074
Totaux	5 040	4 118	9 158
MOYENNES	**1 680**	**1 373**	**3 053**

(2) Le poids d'un hectare de récolte de maïs géant dans une culture d'essai faite à Mettray aurait atteint le chiffre de 116 000 kilogrammes. Cette récolte prélève dans l'air 13 570 kilogrammes de carbone et en laisse 1485 dans le sol, ce qui fait, pour un hectare de surface et pendant une période de quatre mois, un poids de 15 055 kilogrammes de carbone correspondant, en chiffre rond, à 55 000 kilogrammes d'acide carbonique, soit 27 800 mètres cubes de ce gaz (L. Grandeau, *La nutrition de la plante*).

carbonique atmosphérique est dilué dans 2500 mètres cubes d'air. Par conséquent nos 5682 mètres cubes décomposés par un hectare de forêt proviennent de 14 millions 205 mille mètres cubes d'air, soit une couche d'air de 10 mètres de hauteur renouvelée intégralement un peu plus de 140 fois pendant la période de végétation, c'est-à-dire, de fin avril à fin octobre. Il importe d'ajouter qu'une part notable de l'acide carbonique ainsi consommé par le mouvement de la végétation est restituée à l'atmosphère de la forêt par le fait de la décomposition graduelle de la couverture : cette part serait, par année et par hectare, de 5000 kilogrammes environ ou un peu plus de 2500 mètres cubes, employée tant à l'alimentation des feuilles vivantes qu'à être dissoute ou entraînée par l'eau des pluies. Or la décomposition des détritus forestiers est singulièrement activée par les principes albuminoïdes contenus dans les matières azotées, les autres substances organiques dont l'azote est absent (cellulose, ligneux, fécule, gommes, tannin, résines, etc.) ne s'altérant, par elles-mêmes, qu'avec une grande lenteur (1).

(1) Ebermayer a calculé que, la Bavière possédant 2 547 000 hectares de forêts, et la production annuelle en acide carbonique étant par homme adulte de 292 kilog. ($0^k,8$ par 24 heures), il faudrait le produit de la respiration de 98 millions d'hommes pour suffire aux besoins en carbone des seuls bois de la Bavière la population de l'Allemagne entière atteint à peine 50 millions. Mais il est bien d'autres sources de production d'acide carbonique, et les besoins de la végétation de toutes les plantes du globe sont de beaucoup dépassés par les quantités de ce gaz déversées dans l'atmosphère. D'après les nombres de Heiden, considérés par Ebermayer comme des minima, ces quantités seraient les suivantes :

Acide carbon. produit par la respiration des êtres vivants	8 790 000	quint.
— — par les combustions de toute sorte	35 850 000	—
— — par décompositions, putréfactions etc.	820 000 000	—

Les détritus de la végétation forestière entrent dans cette dernière source de production d'acide carbonique pour une part considérable, soit, par hectare, 5000 kilogrammes ou 2 545 mètres cubes. Une partie de cette quantité est reprise à l'atmosphère par les pluies, et l'autre est assimilée directement par les feuilles vives.

Il n'est plus guère contesté aujourd'hui que les éléments qui arrivent dans l'organisme des plantes par l'intermédiaire du sol sont les éléments minéraux ; les substances organiques, telles que l'humus par exemple, servant à l'introduction, à l'assimilation dans et par les tissus végétaux, des matières minérales qui les accompagnent. Nous n'avons pas à insister quant à présent sur ce point. Nous avons voulu seulement l'indiquer pour faire comprendre l'importance qui s'attache, dans une étude sur la couverture du sol forestier, à cette partie des éléments composants de la matière végétale.

La proportion des éléments minéraux des plantes, des cendres si l'on veut, est assez variable.

Dans un végétal quelconque, ce sont les feuilles — les aiguilles s'il s'agit de conifères — qui en contiennent le plus. On en a trouvé dans les feuilles du hêtre de 4 à près de 10 centièmes, de 3 à 10 centièmes dans les aiguilles de l'épicéa, de 2,5 à 6 pour cent dans celles du mélèze, et, dans celles du sapin, de 2 à un peu plus de 5 pour cent. Les feuilles de chêne en renferment moyennement 4 1/3 pour cent environ ; mais ce seraient les aiguilles des pins qui en possèderaient le moins, 1 à 2 centièmes, pas davantage. L'écorce et les ramilles viennent, comme richesse en matières minérales, de suite après les feuilles, puis les rameaux, puis les grosses branches, puis la tige ; et dans celle-ci les parties extérieures (l'aubier, dans les arbres à aubier), priment les parties plus internes, le bois parfait, qui est, après la racine toutefois, la portion de l'arbre la plus pauvre en principes minéraux, c'est-à-dire incombustibles. En résumé, la proportion des cendres croît constamment, des racines aux extrémités qui en sont les plus distantes. On aura une idée suffisante de cet accroissement de richesse minérale en s'éloignant de la tige, quand on saura que, là où le bois parfait, dans l'intérieur du tronc, accuse seulement 0,40 pour 100 ou 4 pour 1000 en teneur de cendres, les petites branches en fournissent 2,40 pour 100, c'est-à-dire six fois autant.

Ces proportions ne diffèrent pas seulement d'un végétal à un autre, ou suivant les diverses parties d'un même végétal ; elles varient encore d'une manière très marquée avec l'altitude, donnant dans les niveaux moyens, ceux de 100 à 250 mètres par exemple, les rendements que nous venons d'indiquer comme les plus élevés, et descendant graduellement, à mesure que l'altitude augmente, jusqu'aux proportions les plus faibles, qui s'observent à des hauteurs supra-marines de 1000 à 1400 mètres (hêtre, épicéa, mélèze). Il en est de même au surplus pour les herbes des prés et des prairies qui donnent plus de 6 centièmes de cendres dans les plaines inférieures et moins de 3 centièmes seulement dans les pâturages des hautes montagnes. C'est là sans doute l'une des causes de la supériorité proverbiale de ces derniers sur les prairies de la basse plaine, les herbages y fournissant à volume et poids égaux une plus grande somme de substance nutritive (1).

Laissons la prairie et revenons au bois. Et pour ne pas abuser des rébarbatifs tableaux de chiffres, en reproduisant ici ceux que nous avons déjà donnés, nous prierons le lecteur de vouloir bien se reporter au tableau de la page 413 et aux moyennes de ses colonnes 2 et 3 qui nous donnent, en

(1) Une autre observation comparative entre le feuillage des arbres et l'herbe des prairies est également digne d'être notée.

Ce sont les matières azotées qui constituent, dans les substances organiques, la partie nutritive. Or la moyenne générale de la teneur en ces matières, du feuillage, desséché à l'état vert, des principales essences feuillues, est de **12,36** p. 100 entre les extrêmes de 7,81 (charme) à 17,76 (aune blanc) et oscillant principalement de 10 (tremble) à près de 15 (érable sycomore, tilleul des bois). Cette moyenne de 12,36 est voisine de la teneur en mêmes substances du foin de trèfle (13 à 15), sensiblement égale à celle du foin des Alpes (12,21), supérieure au bon foin de prairie dont le taux en matières azotées n'est que de 10 centièmes et demi, et à plus forte raison au foin de qualité moyenne qui ne dépasse guère 8 p. 100. « Il résulte de là que le feuillage des arbres contient autant d'éléments nutritifs pour moutons, chèvres ou bœufs que le bon foin de prairie, et vaut mieux que le foin médiocre. Un quintal de feuillage vert équivaudrait donc, comme valeur nutritive, à un quintal de foin. »
(L. Grandeau, *l. c.*, p. 177.)

volume et en poids, la production annuelle à l'hectare en matière ligneuse, de massifs de hêtres, d'épicéas et de pins. Cette production, supposée convertie toute en bois de feu et façonnée en quartier, rondin et fagot, donnerait pour le hêtre 0,75 de bois de quartier et 0,15 de bois de rondin. Pour l'épicéa, dont la tige est très régulière et dont les branches décroissent promptement, le bois de quartier prend 0,85, le rondin seulement 0,05 ; pour le pin, le rondin s'élève à 0,10 aux dépens du quartier qui ne monte qu'à 0,80. Pour ces trois essences la proportion du fagotage est de 0,10.— En appliquant cette proportionnalité aux moyennes de la colonne 3 du tableau précité, on arrive à une répartition qui nous inflige l'obligation d'étaler encore le tableau suivant :

RÉPARTITION DE LA PRODUCTION ANNUELLE EN BOIS
d'un hectare de futaie.

COMPOSITION des massifs.	Bois de quartier.	Bois de rondin.	Fagots.	TOTAUX égaux aux moyennes du tableau de la p. 413, col. 3.
Hêtres	2 372 kil.	475 kil.	316 kil.	3 163 kil.
Épicéas	2 920	172	343	3 435
Pins	2 587	323	323	3 233
Moyennes .	2 629	323	327	3 277

Mais ce tableau en exige un autre pour que sa signification soit complète. Il faut conclure des chiffres qui le composent, la teneur en cendres de chaque catégorie de produits ; et nous venons de voir combien cette teneur varie de la tige, qui fournit le quartier, au cimeau et aux grosses branches qui se convertissent en rondin, aux branches secondaires, rameaux et brindilles qui donnent le fagot.

Les facteurs à appliquer aux chiffres ci-dessus pour avoir le poids des matières minérales enlevées au sol par la production annuelle du bois sont ceux-ci :

Bois de quartier :	0.66	pour le hêtre	0.49	pour l'épicéa	0.43	pour le pin ;
Bois de rondin :	1.34	—	0.79	—	0.44	—
Fagots :	2.40	—	2.01	—	1.24	—

Et de ces facteurs appliqués à ce tableau, nous déduisons le nouveau tableau que voici :

RÉPARTITION DE LA QUOTITÉ DE MATIÈRES MINÉRALES
enlevées au sol par la production en bois d'un hectare de futaie, en un an.

COMPOSITION des massifs. 1	Cendres du bois de quartier. 2	Cendres du bois de rondin. 3	Cendres du fagotage. 4	TOTAUX. 5
	KIL.	KIL.	KIL.	KIL.
HÊTRES	15.65	6.36	7.59	**29.60**
ÉPICÉAS	14.31	1.36	6.89	**22.56**
PINS	11.12	1.42	4.00	**16.54** (1)
Moyennes .	13.69	3.05	6.16	22.90

Il nous faut maintenant comparer cette production, ou plutôt cette extraction de principes minéraux enlevés au sol par la croissance des bois destinés à être exploités, avec la quantité qui lui est pareillement enlevée par les feuilles et les autres détritus, mais qui est destinée à y retourner par la décomposition de la couverture.

(1) Ces trois totaux ne correspondent pas exactement aux différences moyennes des colonnes 2 et 3 du tableau de la page 413. Cela tient à ce que, dans ce tableau, la proportion des matières minérales a été uniformément déterminée par la moyenne générale du rendement en cendres des différents bois; tandis que dans le tableau ci-dessus, cette quotité a été spécialisée pour chaque essence et pour chacune des trois parties de l'arbre : tiges, branches, rameaux.

Nous avons, dans le tableau de la page 413, colonne 4 une partie des éléments de cette détermination. En multipliant les moyennes de cette colonne par des facteurs convenables, nous trouvons respectivement, pour la quotité des cendres dans les détritus de hêtre, d'épicéa et de pin, 187, 135 et 48 kilogrammes, ou, si l'on veut préciser les facteurs jusqu'à deux décimales(1) : 185 kilogr. ,70 pour la couverture de hêtre, 135 kilogr. ,92 pour celle d'épicéa et 46 kilogr. ,52 pour le tapis de feuilles de pin.

Comparons ces quantités de matières minérales contenues dans un hectare de couverture de massif de chaque essence, avec celles que renferme la production en bois correspondante sur la même surface et dans le même temps ; nous arriverons aux résultats consignés dans ce nouveau tableau :

RÉPARTITION DES MATIÈRES MINÉRALES

entre le produit ligneux et le produit en détritus.

COMPOSITION des massifs. 1	Cendres du bois. 2	Cendres de la couverture. 3	TOTAUX des matières minérales. 4
	KILOG.	KILOG.	KILOG.
HÊTRE	29,60	185,70	215,30
ÉPICÉA	22,56	135,92	158,48
PIN	16,54	46,52	63,06
Mélange, par égales parts, des trois essences . .	22,90	122,71	145,61

On voit que le hêtre est l'essence qui demande au sol la plus grande quantité de principes minéraux ; que l'épicéa

(1) Ces facteurs sont : 5.57 p. 100 pour la feuillée de hêtre.
4.52 — — — d'épicéa.
1.46 — — — de pin.

en réclame environ une fois et un tiers (1,36) moins ; et que le pin, beaucoup moins exigeant, se contente de près de trois fois et demie (3,41) moins de ces mêmes éléments. Mais ce qui est plus frappant encore, c'est de voir que la couverture exige moyennement cinq fois et un tiers (5,35) plus de matières minérales que le bois (1), ou, ce qui revient au même, qu'elle absorbe en un an, à surface égale, autant de ces matières que la production en bois en consomme pendant plus de cinq ans.

Si l'on compare ces rendements à ceux de plusieurs de nos principales céréales, on verra que les deux premières au moins de nos trois essences ne s'en écartent pas beaucoup ; le pin seul est sensiblement moins exigeant. Prenons la pomme de terre (tubercules et fanes à l'état frais), le blé (grain et paille), les pois (grain et paille) ; ces produits fournissent respectivement à l'hectare, en cendres :

La pomme de terre 265 kilog.	(50 kil. seulement de plus que le hêtre, bois et feuilles).
Le blé 174 kilog.	(41 kil. de *moins* que le hêtre, 16 kil. seulement de plus que l'épicéa).
Les pois 169 kilog.	(46 kil. de *moins* que le hêtre, 11 kil. seulement de plus que l'épicéa).

Mais s'il y a, quant à l'absorption des principes minéraux du sol, une similitude voisine de l'égalité entre les essences forestières et les plantes de culture agricole, il y a, comme effet produit, cette différence fondamentale que pour celles-ci, la récolte une fois enlevée, tout est enlevé et rien n'est restitué au sol, tandis que, pour celles-là, la totalité des principes puisés dans le sol lui est restituée par la décomposition de la couverture.

Ceux de ces principes qui jouent le rôle le plus important

(1) Dans le hêtre, 6, 2 fois autant ; dans l'épicéa, 5, 9 et seulement deux fois trois quart (2.76) autant dans le pin. On peut traduire d'une manière plus sensible le même fait en disant que la production de la couverture absorbe une quantité de matières minérales égale à celle que nécessiterait la production du bois pendant six ans pour le hêtre et l'épicéa, et pendant un peu moins de trois ans pour le pin.

sont, sans parler des matières azotées, la potasse et l'acide phosphorique. On a vu, dans les premières pages de cette étude, que les parties vives de la plante sont beaucoup plus riches en ces deux substances que les parties mortes, lesquelles, en dépérissant, les transfèrent aux parties vivantes en échange de chaux et de silice. Il y a donc un intérêt réel à connaître la répartition des diverses matières inorganiques dans les quantités de cendres groupées dans le tableau de la page précédente : cela nécessitera le désagrément, pour nos lecteurs, de la vue d'un dernier tableau ; mais ce tableau dont les éléments, comme ceux de tous les autres, sont pris dans les données fournies par MM. Ebermayer et Grandeau, est le complément nécessaire de ses devanciers.

COMPOSITION des CENDRES.	Cendres du HÊTRE futaie de 120 ans.		Cendres de l'ÉPICÉA futaie de 120 ans.		Cendres du PIN futaie de 100 ans	
	Bois	Couverture.	Bois	Couverture.	Bois	Couverture.
	KILOG.	KILOG.	KILOG.	KILOG.	KILOG.	KILOG.
POTASSE	**4.65**	**9.87**	**4.06**	**4.82**	**2.60**	**4.84**
Soude	0.91	1.99	0.48	1.68	0.21	2.04
Chaux	*14.42*	*81.92*	*9.15*	*60.94*	*10.04*	*18.87*
Magnésie	3.85	12.22	2.03	6.95	1.70	4.80
Oxydes de fer et de manganèse	0.25	5.11	4.67	3.42	0.11	4.07
ACIDE PHOSPHORIQUE	**2.87**	**10.45**	**1.45**	**6.41**	**1.07**	**3.68**
Acide sulfurique	0.22	3.62	0.72	2.10	0.26	1.60
Silice	*2.41*	*60.36*	»	*49.60*	*0.55*	*6.53*
Chlore	0 02	»	»	»	»	»
Sommes	29.60	185.54	22.56	135.92	16 54	46.52
TOTAUX	215.14		158.48		63 06	

Si la feuillée, avant de jaunir pour tomber bientôt morte sur le sol, a transféré au bois une part importante de la potasse et de l'acide phosphorique que, verte et vive, elle s'était assimilée, on peut voir qu'elle n'en a pas moins conservé, comme quantité absolue et pour la restituer à la terre, une part prépondérante. La chaux et la silice, dont elle a vu, en dépérissant, s'accroître la proportion, sont naturellement représentées dans une mesure beaucoup plus considérable, et l'on peut voir combien le hêtre exige ces quatre substances ainsi que la magnésie, plus impérieusement que l'épicéa, et celui-ci plus que le pin, l'essence sobre et rustique entre toutes.

IV

Rôle physique et rôle chimique de la couverture.

Nous avons examiné ce que c'est que la couverture, comment elle se forme, de quels éléments elle se compose. Abordons maintenant son rôle physique.

Si l'on fouille la partie la plus superficielle du parterre d'un massif forestier épais et assez touffu pour qu'aucun rayon de soleil ne puisse pénétrer jusqu'à lui, l'on constatera d'abord l'existence d'un tapis plus ou moins épais de feuilles mortes, de mousse, de fougères, de débris de branches, de menues brindilles, etc., dans un état de décomposition d'autant plus avancé que l'on creusera davantage. Au-dessous de ce tapis qui constitue la couverture et immédiatement au-dessus du sol proprement dit, règne une couche de matière quasi-pulvérulente, de couleur noire ou brun foncé, et qui n'est autre que l'*humus*, produit par la décomposition des plus anciennes couches annuelles de la couverture.

Celle-ci, grâce à sa porosité, aux nombreux interstices capillaires entre les menus matériaux qui la composent,

agit à la manière d'une éponge ; elle retient et fixe par imbibition une quantité d'eau relativement importante. En la supposant formée par égales parts de feuilles de hêtre, d'épicéa et de pin, de fougères et de mousse, sa capacité d'absorption serait de plus du double de son poids (213 p. 100) (1). Ce sont surtout les pluies d'hiver, les fontes de neiges qui fournissent de l'eau en quantité suffisante pour que la couverture arrive à saturation et laisse le sol proprement dit s'imbiber à son tour. Les pluies d'été y parviennent rarement : violentes, leurs eaux s'écoulent rapidement et l'évaporation enlève le reste ; légères ou modérées, elles s'arrêtent à la surface des feuilles et sont bientôt absorbées par l'atmosphère. La proportion de l'eau des pluies que les feuilles retiennent ainsi et qui n'arrive point à la surface du sol est évaluée à un quart ou un tiers de la chute annuelle totale. Il en résulte que les pluies d'hiver comme les neiges qui se fondent lentement au printemps et pénètrent le sol à une grande profondeur, sont les sources d'humidité les plus favorables aux forêts, qui souffrent infiniment moins des sécheresses d'été que des sécheresses d'hiver. La consistance spongieuse de la couverture, ayant pour effet de conserver au sol l'eau retenue par elle, sa continuité, qui atténue l'évaporation à fleur de terre et maintient l'humidité dont s'est imbibée celle-ci, donnent une extrême importance à la protection du tapis de détritus contre toute déperdition aqueuse. Car si la vigueur de végétation, l'accroissement, l'existence même des massifs forestiers dépendent avant tout du degré d'humidité du sol, ce n'est pas la saison chaude, si humide qu'elle soit accidentellement, qui peut lui procurer la dose d'humidité nécessaire : sous l'épaisse feuillée de la futaie pas de rayonnement nocturne, partant point de rosée rafraîchissante ; les pluies légères ou peu prolongées n'y pénètrent pas davantage,

(1) Ce chiffre est une moyenne. La mousse peut absorber de 237 à 334 pour cent de son poids d'eau, la feuille de hêtre de 195 à 232 pour cent, les aiguilles d'épicéa de 128 à 190, celles de pin de 121 à 167, les feuilles de fougères 259.

et lorsque quelque averse ou quelque forte pluie d'orage laisse parvenir un peu d'eau jusqu'à lui, la couverture en partie desséchée retient pour son compte celle qu'elle reçoit, tandis que les racines des mousses, des fougères et autres végétations parasites absorbent une certaine quantité de l'humidité naturelle du sol.

Il appert de là que, pendant la partie la plus chaude de la saison d'été, et principalement lors des années sèches, le sol des massifs de haute futaie est moins favorisé, sous le rapport de la dose d'humidité, que les sols découverts surtout en culture. Cette infériorité est très largement compensée par la faculté de conserver l'eau des pluies d'hiver par imbibition qui appartient en propre à la couverture, et par celle de mettre obstacle à l'évaporation qui est le partage et de la couverture du sol et du couvert des arbres. Des observations faites dans les nombreuses stations de météorologie forestière de la Bavière ont donné à cet égard des résultats qui concourent parfaitement avec ceux qu'ont obtenus à Nancy, M. Mathieu, sous-directeur de l'école forestière de cette ville, et à Senlis (Oise), M. Fautrat, sous-inspecteur des forêts (1). Il en ressort que, si l'on représente par 100 l'évaporation du sol hors forêt, l'évaporation d'un sol forestier, avec sa couverture intacte et tout son couvert, ne sera que de 22, ou d'un peu plus d'un cinquième, et celle d'un sol forestier également saturé d'eau, mais auquel, tout en respectant son couvert, on aurait retiré sa couverture, de 47 pour cent ou de près de moitié (moyennes d'observations mensuelles d'avril à septembre inclus). En sorte que la terre, imbibée à saturation à la suite de la fonte des neiges, perd 78 pour cent moins d'eau par évaporation sous le couvert et la couverture de la forêt que sur le sol voisin privé de cette double protection ; et la part d'influence de la couverture dans ce résultat est de 25 de ces 78 pour cent, ou près du tiers.

(1) Voir notre étude sur *L'art forestier à l'Exposition universelle* de 1878, dans la *Rev. des quest. scient.*, t. v, p. 218 et suiv.

Nous n'insisterons pas ici sur les conséquences considérables qui découlent de tels faits, dans les pays de montagnes, relativement à la régularisation du régime des eaux torrentielles et pluviales et à l'atténuation du fléau des inondations ; nous aurons sans doute occasion d'y revenir quelque jour. Mais nous voudrions attirer l'attention sur une autre action salutaire que reçoit le sol forestier de la présence de la couverture ; nous voulons parler du maintien de son état d'ameublissement relatif, ou, si l'on veut, du maintien de sa porosité.

Quand un sol découvert n'est pas fréquemment remué par la pioche, la bêche ou la charrue, il éprouve, par le fait de la sécheresse ou de la pluie, les effets suivants. Sur les sols sableux mêlés de gravier et de pierraille, les parties ténues sont chassées par chaque chute de pluie plus avant dans les profondeurs du sol ; il ne reste à la surface que la rocaille que rendront brûlantes les ardeurs de l'été. Sur les terres sableuses sans pierres ni gravier ou sur les terres argileuses, les pluies tasseront la partie la plus superficielle qui ne tardera pas à devenir imperméable et ne laissera plus pénétrer une goutte d'eau plus profondément. Vienne la sécheresse, la surface argileuse se formera en une croûte dure également résistante à la pénétration de l'air, de l'humidité et des racines des plantes ; quant à la surface sableuse, elle perdra bien vite la très mince couche d'humidité qu'elle aura pu conserver, et rien ne la préservera plus contre une insolation violente. Supposons au contraire des sols de nature identique protégés par la présence de massifs forestiers dans des conditions normales, tout aussitôt ces effets cesseront de se produire. Plus de formation de croûte ni d'imperméabilité superficielle ; plus d'évaporation rapide ; plus d'obstacle à la pénétrabilité du sol par les agents atmosphériques et les racines des arbres. Les effets que, sur un sol découvert, on obtiendrait par la houe, la herse, voire par la charrue, sont ici réalisés par la présence de la couverture, au moins dans la proportion qui suffit au plein développement de la végétation forestière.

Si importantes que soient ces diverses propriétés de la couverture abritée et maintenue par le couvert, il en est une autre qui, tout en leur étant corrélative, les prime encore en importance. C'est la formation de l'*humus*, terreau végétal résultant de la décomposition lente et continue de la couverture au contact du sol, et qui remplit, à l'égard du sol forestier, un rôle tout à fait comparable à celui du purin ou du fumier de ferme dans les terres agricoles. Sans vouloir insister ici sur la grande querelle entre les partisans de la doctrine de Saussure et ceux de la théorie de Liebig quant au mode d'action de l'humus et des engrais sur la fertilité des terres, nous appellerons toutefois l'attention sur quelques faits que, de part et d'autre, on ne saurait méconnaître.

Et d'abord, en ce qui concerne le sol des forêts, il n'est pas un homme du métier qui ne sache, pour l'avoir constaté cent fois, qu'un terrain va toujours s'améliorant par le fait d'un couvert prolongé ; à telle enseigne que si l'on parvient à créer un massif forestier sur un sol médiocre ou même tout à fait improductif, et que ce massif soit dirigé avec tous les soins désirables de manière à croître en futaie jusqu'à l'âge de 150 ou de 200 ans par exemple, les éclaircies ayant toujours été conduites avec une circonspection telle que le couvert n'ait jamais cessé d'être complet et ininterrompu, et la propriété assez bien surveillée pour qu'aucune soustraction de quelqu'importance n'ait été faite à la couverture, on retrouvera à l'expiration de ces 150 ou 200 ans, un terrain d'excellente qualité due à l'accumulation séculaire de l'humus constamment protégé contre toute cause d'appauvrissement ou de détérioration.

D'autre part l'emploi des engrais organiques dans les terres arables n'a pas d'autre but que d'y restituer l'humus soustrait ou plutôt décomposé par la formation et le développement jusqu'à maturité des céréales récoltées.

La querelle des deux écoles ne porte pas sur ce point. Toute la question se réduit ou mieux se réduisait à savoir

si l'humus agit en cédant aux plantes ses parties organiques, ou au contraire en leur cédant ses parties minérales. Les travaux du savant Liebig et, à sa suite, de plusieurs autres chimistes, ne permettent plus de douter aujourd'hui que ce soient seulement les principes minéraux de l'humus qu'absorbent les racines des plantes. Mais la constatation de ce fait ne rendait pas légitime cette conclusion de certains agronomes, parmi lesquels M. George Ville a été le plus marquant, à savoir que l'humus n'est utile à la végétation que par l'apport de la potasse, de la chaux, de l'acide phosphorique et autres matières minérales entrant dans sa composition, et qu'en conséquence, en fournissant directement au sol ces éléments par l'introduction de ce que l'on a appelé à cette occasion les *engrais minéraux*, on pouvait remplacer l'humus et s'en passer. Il n'est pas contestable que les matières organiques de l'humus aient un rôle dans l'alimentation de la plante bien que ce rôle ne soit pas, comme on l'a cru absolument jusque vers 1840, de s'assimiler à elle. Les remarquables études de M. L. Grandeau rapportées dans l'ouvrage déjà cité (1), et dans son beau livre sur *La nutrition de la plante* (2), jettent sur cette question une lumière parfaite : les matières organiques de l'humus et des engrais, en se combinant avec les matières minérales insolubles et partant inassimilables, les présentent aux racines en des conditions par suite desquelles celles-ci , agissant en sens inverse , décomposent ces nouveaux produits et peuvent par là s'en assimiler les éléments minéraux, pour en rejeter la partie organique. Ainsi se trouve concilié ce qu'il y a de vrai dans l'une et l'autre théorie, en même temps que justice est faite des exagérations déduites par des esprits trop théoriques. Ce sont les matières minérales que les plantes empruntent à l'humus par l'intermédiaire des racines; mais cet emprunt

(1) *Chimie et physiologie appliquées à la sylviculture* dans les *Annales* de la station agronomique de l'Est, année 1878. — Paris, Librairie agricole.

(2) 1879, Lib. agr.

n'est possible qu'avec le concours des matières organiques, sans l'aide desquelles les principes minéraux, indispensables à l'alimentation des plantes, demeureraient à jamais inassimilables par elles (1).

Nous avons vu que la forêt restitue au sol, par l'accumulation de ses détritus, la majeure part des éléments incombustibles qu'elle lui a empruntés. Mais on peut se demander d'où provient l'alimentation indéfinie du produit ligneux en ces matières minérales ; car si faible que soit, comparativement aux céréales, la quantité de ces substances annuellement soustraites par la formation du bois, cette quantité n'est pas restituée au sol, et il semblerait qu'à la longue un certain appauvrissement devrait en être la conséquence, tandis que nous voyons au contraire le sol des forêts sagement aménagées s'enrichir de plus en plus. Les travaux de M. Grandeau (2), permettraient de répondre à cette apparente difficulté par une solution précise, dé-

(1) Il est une question qui, sans rentrer spécialement dans l'ordre de celles que soulève l'étude de la couverture, pourrait cependant y trouver assez naturellement sa place. Quelques lecteurs ont pu se demander d'où proviennent, dans la plante, d'une part les substances protéiques et azotées, d'autre part les principes hydrocarbonés, comme le sucre, l'amidon, la fécule, la cellulose, puisqu'il est admis aujourd'hui que les végétaux ne s'assimilent nulles matières organiques extérieures, mais qu'ils les fabriquent de toutes pièces à l'aide de ces quatre corps simples : carbone, oxygène, hydrogène, azote.

Nous n'entrerons pas dans le détail de la réponse très complexe que motiverait une telle question ; ce serait le thème d'une étude pour le moins aussi développée que le présent article. Nous dirons seulement que les matières hydrocarbonées ont leur point de départ dans l'acide carbonique et l'eau, et que l'azote n'arrive aux plantes que par l'intermédiaire de l'acide nitrique du sol et de l'ammoniaque aérienne, sans que jamais l'azote libre qui entre dans la composition de l'atmosphère joue un rôle direct dans la nutrition des végétaux.

La chlorophylle ou matière verte des plantes, qui est un composé quaternaire ($C^{18}H^{9}AzO^{8}$) paraît être, dit M. Grandeau, « le premier terme des évolutions de la matière minérale qui s'organise en substance vivante sous l'action de la lumière, de la chaleur et de l'électricité. » (*La nutrition de la plante*).

(2) *Recherches expérimentales sur le rôle des matières organiques du sol dans la nutrition des plantes. — Ann. Stat. agron. Est*, 1878, p. 225.

taillée et appuyée sur des chiffres. Pour ne pas prolonger ce mémoire au delà des limites que nous nous sommes tracées, nous nous bornerons à la résumer brièvement.

Si les exigences en matières minérales d'un hectare de forêt, pour un accroissement d'une année, se rapprochent assez sensiblement de celles de nos principales céréales pour le même temps et la même surface, on sait que la forêt rend au sol tout ce que lui en ont pris sa feuillée et ses autres détritus, c'est-à-dire la plus grande partie (environ 84 p. 100) : voir le tableau de la page 424(1). On sait aussi par ce qui a été dit page 399 et par les conclusions du tableau à l'appui, que la feuille avant de mourir rend au bois en se desséchant peu à peu, les matières organiques qu'elle a élaborées, avec une forte proportion de potasse et d'acide phosphorique. La faiblesse relative de ces substances dans le bois comparé aux détritus, rend plus sensible encore l'importance des restitutions minérales faites au sol par la couverture. L'écart est donc considérable entre les matières incombustibles absorbées en un an par le *bois* et par les céréales. Or ces matières minérales existent en très grande quantité dans le sol, soit à l'état assimilable, soit à l'état de réserve non immédiatement assimilable, mais pouvant le devenir par combinaison avec les matières organiques sans cesse fournies dans les forêts par l'humus ; de plus, les racines des arbres pénètrent à une profondeur triple ou quadruple, quelquefois davantage, de celle où les racines des céréales étendent communément leur action. On peut donc considérer le sol forestier, en tant que traité conformément aux saines traditions de l'art, comme un réservoir à peu près inépuisable de matières minérales pour l'alimentation de la végétation ligneuse (2). D'où il suit

(1) Si l'on remplace le nombre moyen de la colonne 4 de ce tableau, (145,56) par 100, le taux des cendres de la couverture (122,66 à la colonne 3) sera 84,26, celui des cendres du bois 15,74.

(2) Voici, à l'appui de cette assertion, un exemple tiré de l'acide phospho-

que plus abondante sera la provision d'humus entre la couverture et la surface du sol, plus grande sera sa fertilité, plus puissante étant sa faculté de rendre les principes minéraux assimilables par les racines des arbres.

V

La couverture et la culture des bois.

Une conséquence qui s'impose tout d'abord à la suite de ces faits, c'est que le traitement des forêts en futaie est plus favorable à la conservation de la couverture et partant de

rique, celui des composés minéraux dont le rôle paraît être le plus important dans le développement de la plante.

La forêt d'Hérival (Vosges) est une futaie de sapins mélangée de quelques hêtres. La production annuelle en bois est, à l'hectare, de 6 mètres cubes pesant ensemble 2664 kilogrammes et donnant, réduits en cendres, 26 k. 6 de matières incombustibles contenant environ 1 kilogr. d'acide phosphorique. Le sol de cette forêt, étudié sur une couche de 0 m. 45 de profondeur seulement, révèle la présence, à l'hectare, de 1350 kilogr. d'acide phosphorique assimilable et d'une *réserve* de 5865 kilogr. de la même substance, c'est-à-dire de 5865 kilogr. d'acide phosphorique non immédiatement assimilable.

Imaginons, par une abstraction théorique, que la formation de l'acide phosphorique assimilable cesse tout-à-coup dans cette même forêt par la suppression, pour une cause quelconque, de toute formation d'humus ; la végétation, dans cette hypothèse, ne pourra durer que jusqu'à complet épuisement des 1350 kilogr. d'acide phosphorique. Or, on vient de voir que la consommation annuelle de cette substance par la formation du bois est sensiblement de 1 kilogr. (0 k. 999) par hectare ; par conséquent la forêt aura encore devant elle 1350 ans de production annuelle égale avant que son sol ne soit complètement épuisé. Et comme ce sol contiendrait encore sa réserve de 5865 kilog. d'acide phosphorique non assimilable, il suffirait que quelques années avant l'accomplissement des treize siècles et demi, l'humus, c'est-à-dire la matière organique en décomposition, lui fût restituée, pour que la végétation reprît son essor pour une durée indéfinie.

Au contraire, supposons que l'on vienne à défricher cette forêt. Les calculs de M. Grandeau établissent qu'une culture peu intensive, comme celle d'un assolement triennal avec jachère, enlèverait annuellement au même sol, défoncé à 0 m 15 de profondeur, 10 kilogr. d'acide phosphorique. Sur 0 m 15 d'épaisseur seulement, nos 1350 kilogr. de tout à l'heure, seront réduits au tiers, soit 450 k. qui ne pourraient suffire qu'à 45 ans de récolte.

(Voir, pour plus amples détails, le travail cité de M. Grandeau : *Recherches expérimentales*, etc.).

la fertilité du sol que le traitement en taillis simple ; que l'exploitation en taillis composé ou taillis sous futaie, est intermédiaire sous ce rapport entre ces deux termes extrêmes ; enfin que, dans les taillis, les aménagements à longues révolutions, soit de 25 à 40 ans, sont plus avantageux que ceux à révolutions courtes comme celles de 15 à 25 ans.

Une simple considération suffira à rendre cette conséquence sensible.

Ce qui conserve l'humus sur le sol forestier, c'est la couverture qui lui donne naissance ; mais ce qui conserve la couverture, c'est le *couvert*, cet écran protecteur contre l'insolation et les vents desséchants, que forme la cime des arbres avec leur ramure et surtout leur feuillage. Là où le couvert vient à disparaître ou seulement à cesser d'être complet, la couverture ne se renouvelle plus ou tout au moins ne se renouvelle pas d'une manière suffisante ; elle se dessèche, l'humus s'altère (1) ; une végétation parasite

(1) Le terreau fertile ou humus parfait se rencontre surtout dans les bois de futaie pleine en état de régularité des massifs et de couvert complet, où le sol, convenablement abrité contre le vent et l'action directe du soleil, conserve constamment une dose d'humidité suffisante.

Quand les détritus végétaux se décomposent sans abri, au grand air, par trop de chaleur et en lieu sec ou pierreux, il se forme une poussière sèche, légère, noire ou brune qui, dans les sols sableux provient principalement de la décomposition des fanes et des débris de bruyères et de callunes, sorte d'humus charbonneux qui peut devenir acide lorsque manquent les substances minérales telles que chaux, magnésie, soude et potasse, capables de saturer les acides organiques. L'humus acide peut aussi résulter d'un excès d'humidité, d'un sol tourbeux, ou marécageux, ou insuffisamment aéré. Quelle qu'en soit la cause, cette acidité est défavorable à la plupart des essences forestières, sauf l'aune et le bouleau. En revanche l'humus acide est très recherché, sous le nom de *terre de bruyère*, pour les végétaux de serre et pour un grand nombre d'autres plantes délicates.

Le terreau qui provient de détritus tannifères tels que les feuilles de chêne, de bouleau, de bruyères, peut devenir astringent dans le cas, rare d'ailleurs, où une cause quelconque met obstacle à la rapide oxydation des principes tanniques naturellement très avides d'oxygène.

Enfin le défaut de chaleur, comme il peut arriver aux très hautes altitudes, apporte un obstacle à la décomposition complète des détritus forestiers, et la couverture ne donne alors qu'un demi-terreau, moins efficace et moins fertile, comme de raison que l'humus ou terreau parfait.

d'herbes, de broussailles, ou de bruyères, selon la nature du sol, s'empare de celui-ci, qui tend à s'appauvrir de plus en plus. Conséquemment une exploitation qui a pour effet de couper un taillis suivant une révolution trop courte, surtout s'il s'agit d'un taillis simple où l'on ne laisse jamais les arbres de réserve sur pied au delà de la seconde révolution, amènera forcément l'appauvrissement graduel du sol : découvert trop souvent, celui-ci perdra plus en quelques années par l'évaporation, le vent, l'insolation, qu'il n'aura gagné par une couverture accumulée pendant quinze ans seulement, par exemple. Reculez le terme de la révolution, portez-le à 25 ans, je suppose ; le tapis subira bien alors les funestes effets du découvert, mais la provision d'humus, plus abondante, pourra résister plus efficacement et durer jusqu'au moment où le recrû aura étendu un nouveau et suffisant couvert et produit une nouvelle couverture. Si le sol ne s'améliore pas à ce régime, du moins ne se détériorera-t-il pas non plus et, s'il est de qualité suffisante, se maintiendra-t-il dans ses conditions moyennes. Enfin, si l'on arrive aux taillis composés à longue révolution, mettons 35 ans, avec une réserve, à l'hectare, de cinq *anciens* (arbres de trois révolutions et plus), de vingt à vingt-cinq *modernes* (arbres de deux révolutions) et de soixante à quatre-vingts *baliveaux* (brins de l'âge du taillis en exploitation), — il y aura toutes chances pour que la couverture gagne plus pendant les trente-cinq ans de couvert qu'elle ne perdra pendant les années qui suivront la coupe, d'autant plus que la réserve de baliveaux, de modernes et d'anciens la protégera partiellement en attendant que le recrû ait pu reconstituer peu à peu un couvert ininterrompu et complet.

Ce n'est pas là, du reste, la seule considération militant en faveur des exploitations forestières à longue révolution qui ressorte de cette étude. Si l'on compare les moyennes des tableaux des pages 422 et 423, on constatera facilement que le rendement en cendres du bois de quartier obtenu

par le débit des tiges n'est que 0,5 pour 100 du poids de ce bois, qu'il est de près de 1 p. 100 (0,94) de ce poids pour les rondins provenant des fortes branches, et qu'il s'élève à près de 2 p. 100 (1,88) pour le fagotage fait avec les rameaux et les brindilles. Donc la production ligneuse épuisera d'autant moins le sol qu'elle se traduira par des bois de valeur plus considérable tels que bois de gros quartier ou bois d'œuvre, et l'appauvrira d'autant plus qu'elle sera représentée par des bois d'une plus faible valeur pécuniaire tels que rondins et surtout fagotage. Mais ces derniers produits sont la généralité dans les taillis à moyenne et à courte révolution. De 20 à 25 ans un taillis donne encore une certaine proportion de gros rondin, plus du menu rondin propre à faire du charbon, autrement dit de la charbonnette, et de la bourrée. A quinze ans, il ne donne plus guère que des fagots ; et à cette cause de ruine graduelle du sol résultant de découverts trop fréquents, s'ajoute une cause d'appauvrissement par suite d'une production plus épuisante. Que si, sans nous élever jusqu'à la futaie pleine, où nous rentrerions dans les conditions normales, nous envisageons un taillis composé et à longue révolution, 35 ans par exemple, nous y trouverons, et en grand nombre, des rejets assez forts pour fournir du bois d'industrie, de menue charpente, de gros rondin ; la charbonnette et le fagotage y seront dans une faible proportion relative ; la futaie sur taillis sera élevée, d'un large diamètre : dans l'ensemble la proportion des cendres sera sensiblement inférieure à celle du taillis de 15 ou même de 25 ans.

Assurément ces conclusions gagneraient à être, comme leurs prémisses, basées sur des observations directes, nombreuses et fréquemment répétées. Sans acquérir une certitude plus grande, car elles résultent d'une déduction rigoureuse, elles se préciseraient davantage et l'on finirait, après de longues séries d'expériences complétées et corroborées les unes par les autres, par obtenir des coefficients exacts d'amélioration et de détérioration des sols par la

durée des révolutions et la nature des produits. Il faudrait aussi que les nombreuses et concluantes observations faites sur le hêtre, l'épicéa, le pin, observations dont on s'est efforcé, dans ce travail, de dégager les données et les chiffres les plus essentiels, fussent renouvelées sur toutes les essences dominantes et sur les principales surbordonnées, sur le chêne, le châtaignier, le charme, le bouleau, l'orme, le frêne, le sapin, les diverses variétés indigènes du pin (1). Ces travaux se feront sans doute avec le temps ; ils donneront à l'agronomie forestière et à ses applications pratiques un degré de précision et de certitude dont on n'aurait pas cru susceptible la sylviculture, cette science d'applications si complexe.

Mais déjà ce qui a été fait ouvre au forestier de précieux horizons ; et peut-être que le lecteur le plus étranger à son art, mais qui aura bien voulu suivre avec quelque attention les développements qui précèdent, se sentira à même de répondre aux reproches irréfléchis ou aux théories vicieuses que l'ignorance ou le préjugé peuvent formuler à l'encontre des pratiques et des saines traditions du métier.

Sans doute le maintien soigneux et jaloux de la couverture du sol n'est pas à lui seul toute la sylviculture, mais

(1) Déjà de laborieux et patients chimistes et agronomes forestiers sont entrés dans cette voie, et les *Annales* de la station agronomique de l'Est contiennent, dans cet ordre d'idées, plusieurs mémoires remarquables que nous sommes heureux de pouvoir citer. Ce sont, 1° par MM. Fliche et Grandeau :

De l'influence de la composition chimique du sol sur la végétation du pin maritime.

De l'influence, etc., sur la végétation du châtaignier.

Recherches chimiques sur la composition des feuilles différentes d'âge et d'espèces.

Recherches chimiques sur la composition des feuilles du pin noir d'Autriche.

2° par M. Henry, sous-inspecteur des forêts, attaché à l'École forestière de Nancy :

Étude chimique sur les principales essences de la forêt de Haye et sur leurs cendres.

3° par MM. Grandeau et Henry :

Le sol des landes et des dunes et la végétation du pin maritime.

il en est la base générale, base sur laquelle repose tout l'ensemble des lois physiologiques et des règles d'application qui la constituent. L'examen de cette base nous a permis déjà de constater que, pas plus que les céréales, le bois ne *pousse tout seul*, attendu que sa croissance est nécessairement liée à l'existence et au bon état de cette couverture qui, privée des soins et du secours intelligent du forestier, ne demeurerait pas longtemps intacte. Il répond aussi au reproche contraire de ne plus restituer au sol par un engrais approprié ce que lui enlève l'exploitation des bois, ou à celui aussi peu justifié de ne pas appliquer aux forêts, comme aux champs de céréales, la loi des alternances, en montrant que, par l'action combinée de l'humus produit de la couverture, avec les principes minéraux de l'atmosphère et du sol, la forêt rend en définitive au sol plus qu'elle n'en reçoit ; que celui-ci est toujours à même, sous le bénéfice d'une incessante production d'humus, de faire face à toute la dépense de matière minérale nécessitée par la croissance indéfinie du bois. La ruine des forêts transformées en friches incultes, en broussailles ou en taillis maigres et clairiérés, ne vient point de ce qu'on n'a pas importé sur leur sol un engrais étranger, ni de ce que l'on n'a pas, de siècle en siècle, substitué une essence à une autre, mais bien de ce que, en exploitant les coupes à des intervalles trop rapprochés, on n'aura pas laissé à l'engrais naturel et spontané le temps de se produire ou que, par d'autres causes, parmi lesquelles la dépaissance abusive du bétail est la plus énergique, on aura détruit à la fois le couvert avec la couverture.

Des exploitations par trop tardives du reste aboutiraient à de semblables inconvénients. On peut voir en jetant un coup d'œil sur les tableaux des pages 413 et 415, que le rendement le plus fort n'est pas celui des coupes du bois parvenu au terme de son exploitabilité, mais du bois d'âge intermédiaire entre la jeunesse et l'âge final. Si celui-ci était prolongé au delà de son terme normal, le dépérissement

des arbres ne tarderait pas à suivre avec toutes ses conséquences : mort successive des principales branches, diminution du feuillage en quantité comme en vigueur de végétation, et par suite diminution simultanée du couvert comme de la quantité et de la qualité des éléments de la couverture ; et à la longue on pourrait voir se produire un résultat analogue à celui des exploitations trop fréquentes et trop rapprochées.

Et cependant il est nécessaire parfois de maintenir sur pied des arbres sinon dépérissants, du moins de laid aspect ou de piètre avenir, plutôt que de laisser se former la première trouée d'un vide qui ne tarderait pas à s'étendre. Même dans la réserve d'un taillis, quand se rencontre un point dégarni et clairiéré, mieux vaut réserver des brins rachitiques et des arbres étiolés, qui du moins ne cesseront de protéger le sol de leur ombrage, que de chercher, en les coupant, la plus-value d'une cépée qui ne se développerait qu'après aggravation de l'épuisement du sol.

Pour des raisons différentes, il ne faut pas craindre dans certains cas de laisser croître des arbres dont la valeur marchande est moindre, à côté de bois d'un prix plus élevé. Tel, comme le chêne, ne ferait pas toujours un couvert régulier et complet : très touffue sur un point, sa cime peut livrer passage sur d'autres, dans les interstices de sa ramure irrégulière et de son feuillage découpé, aux rayons du soleil ; ceux-ci verdissent, il est vrai, et enrichissent la cime de l'arbre, mais ils déssècheraient et appauvriraient le sol à son pied. Associez-le au hêtre, par exemple, qui ne le vaut pas comme produit industriel, au charme même à défaut du hêtre ; le couvert égal, épais, touffu partout de ces deux arbres complétera celui du chêne, et la couverture sera suffisamment maintenue et protégée ; si d'ailleurs la vigilance du forestier veille constamment à ce que ces essences inférieures restent à leur rang subordonné sans le dépasser, leur présence même aura contribué à assurer la perpétuité de l'essence dominante. Cette association, ce

mélange d'essences diverses se justifie aussi à un autre point de vue : les besoins des unes en matières assimilables ne sont pas identiques à ceux des autres. Le tableau de la page 401 notamment, nous montre le hêtre moins exigeant que le chêne en chaux, en magnésie, en oxyde de fer, et en retour plus avide que lui d'acide phosphorique, d'acide sulfurique, de soude. Grouper ensemble des arbres qui s'alimentent de diverses manières, c'est établir une plus grande harmonie dans leur fonctionnement vital et assurer une efficacité d'autant plus active à l'action chimique de la couverture décomposée. C'est faire en quelque sorte de l'alternance simultanée, comparable en une certaine mesure à l'alternance successive de diverses céréales sur un même champ, et la seule du reste qui soit applicable et qui ait une raison d'être quand il s'agit d'arbres croissant en massifs épais, ininterrompus et de durée prolongée.

C'est ainsi que la loi de la couverture, si l'on peut s'exprimer de la sorte, s'applique à tous les principes généraux de la culture des bois. Sans doute elle ne fournit pas, à elle seule, la raison d'être exclusive de toutes les données de la science ; mais elle s'y rattache d'une manière tellement étroite que son observation scrupuleuse entraîne fatalement avec elle l'application de toutes les règles culturales essentielles; si-bien que le forestier qui aurait borné sa gestion à assurer constamment le complet et normal fonctionnement de cette loi importante serait assuré de n'avoir pas laissé péricliter les intérêts confiés à ses soins.

CHARLES DE KIRWAN.

CLAUDE BERNARD

SES DÉCOUVERTES ET SES THÉORIES (1)

II

THÉORIES

Les définitions, les lois, les causes, tels sont les trois problèmes qui se posent d'ordinaire dans les sciences d'observation. Ainsi, dans celles qui étudient les êtres vivants, on cherche à définir les différentes espèces d'animaux et de végétaux, les différentes formes des tissus ; on établit les lois des divers phénomènes propres aux êtres organisés, la loi de la contraction musculaire, de l'action de certains poisons, de la disposition des feuilles autour de la tige ; enfin on recherche les causes des phénomènes, la cause des battements du cœur, celle de la réduction de l'acide carbonique par les végétaux, celle des mouvements observés chez certaines plantes, celle de la transformation dusucre dans la fermentation, etc. Dans la première partie de ce travail, nous avons eu l'occasion de montrer la finesse d'esprit et l'espèce d'instinct supérieur, avec lesquels Claude Bernard avait su assigner les lois et démêler les causes de

(1) Voir la livraison précédente.

plusieurs fonctions physiologiques d'une extrême importance, et, si nous avions écrit pour des hommes spéciaux, nous aurions pu signaler également des recherches nouvelles sur les propriétés des différentes paires de nerfs, sur les fonctions du système nerveux central, sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des liquides de l'organisme, et sur les autres points qui ont formé la matière des cours professés par lui au Collège de France depuis la mort de Magendie. Mais le physiologiste français ne s'est point contenté de donner des définitions, de fixer des lois, de découvrir des causes. Saisi d'une ambition plus haute, il a voulu se rendre compte de la valeur philosophique des définitions, des lois et des causes ; et il s'est formé un certain ensemble de vues pour les appliquer ensuite à la vie, dont il a scruté la nature et le principe, aux plantes et aux animaux, qu'il a comparés entre eux dans le but spécial de déterminer s'il y avait plusieurs espèces de vies, enfin à l'homme, et à la liberté morale qu'il a mise en rapport avec les principes généraux du déterminisme. C'est là ce que nous appelons les *théories* de Claude Bernard : elles vont faire l'objet de cette seconde partie.

Définitions des choses naturelles.

Il faudrait, d'après lui, établir en principe qu'il est impossible de définir les choses naturelles. Que, dans les mathématiques, on réussisse à bien définir les termes employés, cela se comprend ; les objets définis sont alors de simples conceptions de l'entendement. L'esprit, qui crée ces objets, est libre de les limiter à son gré et de leur imposer tel nom qu'il lui plaît. Mais il n'en est pas de même des objets naturels. Ils ont une nature indépendante de l'intelligence, et partant, malgré les définitions dans lesquelles on voudrait les circonscrire, ils restent tels qu'ils sont, avec leurs pro-

priétés et leurs caractères. Platon, comme le dit Pascal, a beau définir l'homme un être doué de deux jambes et sans plumes, il n'en reste pas moins vrai qu'un homme ne perd pas l'humanité en perdant les deux jambes et qu'un chapon ne l'acquiert pas en perdant ses plumes (1). Une autre raison invoquée par Claude Bernard à l'appui de sa thèse est tirée de l'impossibilité avouée de définir les choses les plus simples, telles que l'espace, le temps, le mouvement. Quoiqu'on en ait une idée assez claire pour les distinguer de tout ce qui n'est pas elles, on n'en reste pas moins dans une obscurité qui ne permet point de les définir (2).

Examinons ces deux raisons. Il est évident qu'il existe une différence marquée entre l'objet des sciences mathémathiques et celui des sciences naturelles. Le mathématicien peut grouper dans son esprit un certain nombre de notes et en faire un objet auquel il appliquera un nom. Il lui importe peu, par exemple, qu'il existe dans la nature une figure rectiligne dont les quatre côtés sont parallèles deux à deux. Qu'il puisse la concevoir, cela suffit. Il lui donnera un nom, celui de parallélogramme, et dès lors le parallélogramme sera caractérisé par le parallélisme de ses côtés. Tout ce qui ne satisfera pas à cette condition ne sera pas un parallélogramme ; tout ce qui y satisfera en sera un. Mais si, appelant *soleil* un objet lumineux que je montre du doigt, j'en veux donner une définition, je n'ai plus la même liberté. Il ne me suffira plus d'exprimer nettement le concept que j'ai formé. En disant, par exemple : j'appelle soleil une sphère lumineuse placée dans le ciel et ayant 40 centimètres de diamètre, je risque de me tromper ; car il ne dépend pas de moi que cet objet soit une sphère et qu'il ait tel ou tel diamètre ; je puis me faire illusion sur sa figure et sa grandeur, parce que ce sont là des qualités qu'il possède indépendamment de moi.

(1) *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*. Paris. 1878, pp. 22 et 23.

(2). Ibid., p. 23.

Si Platon *définissait* l'homme un être à deux jambes et sans plumes, il n'était plus libre d'appliquer le nom d'homme à un être existant réellement ; car c'eût été déclarer que cet être changerait de nature en perdant ses deux jambes, ce qui est manifestement faux. Nous prenons évidemment ici le mot de Platon dans l'acception stricte que veut bien lui donner le physiologiste français ; car il est bien à penser que Platon ne se serait pas moins cru un homme, s'il avait eu le malheur de perdre ses jambes ; et, d'un autre côté, on peut croire que ni Claude Bernard, ni Pascal auquel il emprunte le mot de Platon, ne font pas si bon marché des deux jambes qu'ils en ont l'air. Ils auraient hésité sans doute à ranger dans l'espèce humaine un être naturellement apode, l'eût-il même disputé pour l'intelligence aux plus nobles génies de notre race. Mais admettons même que le divin Platon soit tombé dans la plus grossière erreur relativement à la définition de l'homme, et que pour lui, deux jambes dénuées de plumes eussent été tout l'homme : cela prouverait-il l'impossibilité des définitions des choses naturelles? Nullement, tout ce qu'on pourrait en déduire, c'est qu'il peut y avoir des définitions fausses, comme il peut y avoir des jugements faux. Après tout, dans les sciences d'observation, qu'est-ce que la définition sinon un jugement, ou plutôt un double jugement? Définir le *fer*, est-ce autre chose que de prononcer ce double jugement : tout ce qui est de même nature que l'objet désigné par ce mot présente telles et telles réactions, et tout ce qui présente telles et telles réactions est de la même nature que l'objet indiqué par ce nom, c'est-à-dire, présentera aussi toutes les autres réactions propres à cet objet? De pareils jugements sont universels, il est vrai, mais ils n'offrent pas plus de difficultés que les autres jugements universels prononcés à l'aide de l'induction. Ainsi le zoologiste a l'habitude de définir les espèces par un certain ensemble de caractères extérieurs, et dès

qu'il retrouve ces caractères extérieurs, il prononce que l'animal appartient à telle espèce déterminée et présentera les autres caractères, même internes, observés chez les autres individus de cette espèce. Qu'arriverait-il, si en disséquant un animal, semblable par ses caractères extérieurs aux individus d'une espèce déterminée, il découvrait qu'il est à l'intérieur autrement conformé? Eh bien! le cas de monstruosité étant écarté, il avouerait que sa définition par les caractères extérieurs était incomplète puisqu'elle convient à des espèces distinctes, et qu'il y a lieu de la modifier par l'addition de caractères auxiliaires; mais il se garderait bien de rejeter comme impossibles toutes les définitions zoologiques, parce que l'une d'entre elles aurait été trouvée en défaut.

La seconde raison, tirée de l'impossibilité de définir le temps et l'espace, n'est pas plus concluante; il est même difficile d'épargner ici à Claude Bernard le reproche d'inconséquence. Car, ou cette impossibilité est tout à fait spéciale à ces notions, et alors comment induire de là que les autres choses naturelles ne peuvent pas être définies? ou bien elle est générale, et ces cas particuliers ne sont apportés que parce qu'elle y ressort plus manifestement, et alors de quel droit faire une exception pour les définitions mathématiques, comme si les notions du temps, de l'espace, du mouvement n'étaient pas aussi bien du ressort des sciences mathématiques que des sciences naturelles? Mais laissons cet argument *ad hominem* et reprenons la question en elle-même. Nous disons que l'impossibilité invoquée ici est spéciale à ces notions, et Claude Bernard le reconnaît implicitement, car c'est de la simplicité de ces idées qu'il déduit l'impossibilité de les définir. Or, on conçoit aisément que les idées simples, à l'exclusion des autres, aient, non pas l'inconvénient, mais le privilège de ne pouvoir être l'objet de définitions proprement dites. Les définitions se font, en effet, en décomposant les notions en un certain nombre de notions plus simples et par là même

plus aisées à concevoir. Si l'on demande la définition de celles-ci, on répondra par d'autres plus simples encore; mais il arrivera nécessairement un moment où l'extrême simplicité des notions employées ne permettra pas de les résoudre en d'autres plus élémentaires, et alors la définition deviendra impossible. Il en est ainsi du temps et de l'espace. Mais cette impossibilité de définir n'apporte aucune confusion dans le langage; car, comme le fait remarquer Claude Bernard lui-même, elle ne provient pas de l'obscurité de l'idée, mais d'un excès de clarté qui rend inutile l'emploi d'un éclat étranger. Et de fait, si on nous refusait une notion claire de l'espace, à plus forte raison n'aurions-nous point une idée claire d'un espace sphérique, ellipsoïdal, polyédrique, car ces dernières notions se résolvent dans celle d'espace, et alors que deviendrait l'évidence tant vantée des sciences géométriques?

Tout système, même inexact, qui a su obtenir le suffrage d'un esprit élevé, doit présenter un côté vrai. La théorie de Claude Bernard sur la définition nous présente un nouvel exemple de cette remarque, et nous sommes heureux d'ajouter ainsi un correctif à la critique un peu sévère à laquelle nous venons de nous livrer. Je puis très bien définir l'acide sulfurique un acide formant avec le baryum un sel, qui se révèle aux regards sous la forme d'un précipité insoluble dans l'acide chlorhydrique et dans l'acide azotique. C'est une véritable définition, car la formation d'un tel précipité en présence du chlorure de baryum est un caractère manifesté par tous les sulfates convenablement traités et par eux seulement. Cependant, il faut l'avouer, c'est un caractère assez extrinsèque et qui ne donne aucune idée de la constitution intime de l'acide sulfurique. On en sait déjà beaucoup plus, lorsqu'on dit que l'anhydride correspondant est formé d'oxygène et de soufre et que pour un atome de soufre il contient trois atomes d'oxygène. Cependant, quand on a dit cela, on est loin d'avoir dérobé à la nature tout son secret, car on peut

encore se demander pourquoi le composé d'un atome de soufre et de trois atomes d'oxygène, c'est-à-dire l'acide sulfurique anhydre est si différent du composé d'un atome de soufre et de deux atomes d'oxygène, qui est l'anhydride sulfureux. La nature intime de la molécule d'acide sulfurique, les forces qui résident dans l'oxygène et dans le soufre, la manière dont ces forces se combinent et se neutralisent dans l'acide sulfurique, tout cela nous échappe; les effets seuls nous apparaissent; les causes, telles qu'elles sont en elles-mêmes, nous restent cachées. Si donc on exige dans une définition la description de la nature intime des choses naturelles, je conviens que la définition de tout ce qui n'est pas un simple phénomène nous échappe presque complètement, et que nous sommes obligés de distinguer les substances et les forces par les phénomènes qui les caractérisent. Seules, les notions tout à fait générales de substance et de cause nous sont connues directement, grâce à la connaissance que nous avons du *moi*, comme sujet permanent et principe producteur des phénomènes psychiques.

Lois naturelles.

La question des définitions a été traitée par le physiologiste français avec moins d'ampleur que celle des lois naturelles. A cette dernière il a consacré une bonne partie de son *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale;* on peut dire que c'était son sujet favori et qu'il attendait plus, pour sa gloire, de sa théorie du *déterminisme* que de ses plus belles découvertes en physiologie.

Parmi les lois naturelles, les unes sont absolues, c'est-à-dire, qu'elles énoncent que les phénomènes auront lieu de fait : telles sont les lois astronomiques, qui prédisent que les planètes mettront de fait tel temps à opérer leur révolution autour du soleil et que l'orbite tracée par elles aura

telle forme ; les autres sont conditionnelles : ainsi lorsque je dis que l'oxyde de carbone empêche l'assimilation de l'oxygène par le sang et détermine la mort des animaux, je n'affirme pas que le fait aura lieu absolument, mais qu'il aura lieu *si* les animaux sont placés dans une atmosphère d'oxyde de carbone.

En physiologie, les lois sont toutes conditionnelles, et on comprend dès lors que, seules, les lois du second type aient occupé l'esprit de Claude Bernard. Que les conditions aient une influence physique sur les phénomènes, ou bien qu'il existe seulement entre les conditions et les phénomènes une harmonie préétablie sans aucun lien réel, peu nous importe pour le moment; nous aurons l'occasion de revenir sur ce point quand nous examinerons la théorie de notre savant sur la notion de cause. Ce que nous nous proposons, c'est de découvrir quand un phénomène *déterminera*, pour employer l'expression de Claude Bernard, l'existence d'un autre phénomène, c'est-à-dire quand on pourra conclure avec certitude de l'existence du premier à la future apparition du second. L'auteur de l'*Introduction* n'assigne qu'une règle et il la donne pour infaillible : poser le phénomène qu'on a quelque raison de considérer comme la condition d'un second, et voir si ce dernier apparaît; puis, et c'est sur ce point qu'il insiste surtout, supprimer le premier phénomène et voir si le second est supprimé par le fait même (1). C'est *l'épreuve* et la *contre-épreuve*, dont il est si souvent question dans l'*Introduction*. Très simple dans son énoncé, cette règle a deux inconvénients opposés : elle exige trop et trop peu : elle exige trop, car, pour qu'un phénomène soit la condition d'un autre, il n'est nullement requis que celui-ci ne puisse jamais apparaître en dehors du premier ; trop peu, car, pour qu'on soit en droit de considérer un phénomène comme ayant déterminé un second, il ne suffit point que

(1) *Introd. à l'étude de la méd. expér.*, Paris, 1865, p. 97.

le premier cessant, le second cesse également. Expliquons cette critique.

Amoureux de l'unité, ce rêve de tous les savants, qui, comme bien d'autres rêves, aboutit souvent à des décepsions, Claude Bernard s'était comme pénétré de l'idée qu'un même phénomène avait toujours la même cause immédiate ou les mêmes conditions, car ces deux expressions chez lui étaient synonymes. Au principe, admis par tous, que les mêmes causes produisent les mêmes effets, il donnait comme pendant celui-ci : que les mêmes effets sont toujours produits par les mêmes causes. Singulière distraction chez un homme d'esprit, puisqu'un simple regard jeté autour de lui eût suffi à lui montrer l'inanité de ce principe. Dans les instruments, par exemple, qui nous donnent la mesure du temps, ne voyons-nous point le mouvement des aiguilles produit par des forces bien différentes les unes des autres, traction d'un poids sollicité par la gravité, élasticité d'un ressort, attraction magnéto-électrique ? De ce que, dans un cas déterminé, on aura constaté que les aiguilles étaient mues par la gravité, on n'a donc point le droit de rapporter toujours ce mouvement à cette dernière cause. Et en physiologie, de combien de manières ne peut-on point provoquer la contraction musculaire ? La section d'un nerf, l'irritation de ce nerf par l'électricité, par la percussion, par les agents chimiques, l'irritation directe du muscle par les mêmes excitants peuvent produire cet effet. Un animal mourra asphyxié, soit dans une atmosphère d'hydrogène pur, soit dans une atmosphère riche en oxygène mais chargée d'une faible quantité d'oxyde de carbone. L'asphyxie aura des causes bien différentes dans les deux cas : dans le premier elle est produite par l'absence d'oxygène, dans le second par l'avidité du globule sanguin pour l'oxyde de carbone.

Je sais que Claude Bernard a posé une distinction entre la *cause* d'un phénomène et les *moyens* de le produire. La cause serait unique, les moyens divers ; et dans tous les

exemples apportés par nous il aurait vu des moyens et non des causes. Mais je crains bien que l'illustre physiologiste, le jour où il a écrit la page 143 de son *Introduction*, n'ait été la victime d'une hallucination qui lui a fait prendre des mots pour des idées. « Nous entendons, dit-il, par cause d'un phénomène la condition constante et déterminée de son existence... Les moyens d'obtenir les phénomènes sont les procédés variés à l'aide desquels on peut arriver à mettre en activité cette cause déterminante unique qui réalise le phénomène. La cause nécessaire de la formation de l'eau est la combinaison de deux volumes d'hydrogène et d'un volume d'oxygène : c'est la cause unique qui doit toujours déterminer le phénomène. Il nous serait impossible de concevoir de l'eau sans cette condition essentielle. Les conditions accessoires ou les procédés pour la formation de l'eau peuvent être très divers ; seulement, tous ces procédés arriveront au même résultat : combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène dans des proportions invariables. » Je l'avoue, entendue de cette manière, la cause d'un phénomène sera toujours unique ; car cela revient à dire qu'on ne peut faire de l'eau qu'avec les éléments de l'eau. C'est confondre évidemment la cause d'un phénomène avec sa définition. Si, au lieu d'appliquer sa théorie à un corps composé, Claude Bernard l'avait appliquée à un corps simple, l'hydrogène libre par exemple, son bon sens l'eût empêché de faire une pareille confusion. Il n'aurait pas dit que la cause nécessaire de la production de l'hydrogène libre est la séparation de l'hydrogène d'avec les corps auxquels il se trouve combiné, parce que tous les procédés arriveront au même résultat : séparation de l'hydrogène. Car production de l'hydrogène libre et séparation de ce corps d'avec d'autres, sont deux choses identiques dont l'une ne peut par conséquent être la cause de l'autre. De même, formation de l'eau et combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène dans des proportions invariables sont deux expressions synonymes,

et l'un des phénomènes ne peut produire l'autre à moins qu'on lui attribue la capacité de se produire lui-même.

En requérant une cause identique pour des phénomènes identiques, la règle, donnée par Claude Bernard, pèche, comme on le voit, par excès; mais sous un autre rapport elle pèche par défaut et est incomplète. Dans le système préconisé par l'auteur de l'*Introduction*, la contre-épreuve, c'est-à-dire, la simple constatation qu'un phénomène cesse si un autre est supprimé, suffit à établir entre eux le rapport d'effet à cause. Il n'en est rien cependant; car il peut très bien arriver que la cause apparente d'un phénomène soit, à notre insu, accompagnée de quelque modification cachée, cause véritable de l'effet obtenu, et qu'il faille un véritable artifice d'expérimentation pour parvenir à isoler la véritable condition de la fausse. On aura peut-être peine à croire à de semblables coïncidences; cependant les cas en sont fréquents et nous en rencontrons un dans la série même des recherches analysées dans notre première partie. Quand Magendie, excitant les racines antérieures, surprenait des signes de douleur chez l'animal soumis à l'expérimentation, il était naturellement porté à attribuer cet effet à l'excitation de ces racines; car la douleur apparaissait avec l'excitation et disparaissait avec elle. Cependant il se trompait, et la douleur était due à l'excitation des racines postérieures, irritées, à l'insu du savant, en même temps que les racines antérieures, grâce à certains filets récurrents issus des racines postérieures et se réfléchissant dans les antérieures. Dix-sept ans à peu près s'écoulèrent sans que Magendie soupçonnât l'existence de ces filets, et c'est pourquoi il considérait à tort la douleur comme provoquée par l'excitation des racines antérieures. Un exemple plus récent nous est fourni par les recherches de M. Ferrier sur la localisation des fonctions du cerveau. En excitant certaines régions de l'écorce cérébrale, M. Ferrier provoquait des mouvements dans les membres, mouvements qui cessaient en même temps que

l'excitation. Il attribuait donc naturellement les mouvements des membres à l'excitation physiologique de ces régions; et cependant l'excitation physiologique n'a rien à faire avec le phénomène. Faites en effet une section du cerveau de manière à détacher complètement la tranche où se trouve le prétendu centre des mouvements observés, replacez ensuite cette tranche dans sa position primitive; l'excitation *physiologique* ne peut plus maintenant se transporter de la tranche au reste du corps, et cependant, en la soumettant comme auparavant à l'action d'un courant électrique, on observe les mêmes mouvements des membres; preuve évidente que la région corticale excitée n'avait aucun influx physiologique sur les membres, et qu'elle agissait à la manière d'un simple conducteur électrique destiné à transmettre l'impression à une masse nerveuse plus intérieure, véritable centre physiologique des mouvements des membres.

Tout n'est donc pas dit, comme le voulait Claude Bernard, quand on a fait l'épreuve et la contre-épreuve. La théorie de la recherche des conditions des phénomènes, qui au fond s'identifie avec celle de l'induction scientifique, repose sur d'autres principes et suppose un autre contrôle. Quoique ce ne soit pas ici le lieu de proposer une théorie de l'induction, qu'il nous soit cependant permis de dire que la véritable règle en cette matière nous semble pouvoir être énoncée dans les termes suivants : dès qu'on est arrivé à formuler une hypothèse, partie souvent la plus ardue de la tâche, pour la vérifier, en déduire par le raisonnement une conséquence dont la réalisation serait souverainement improbable si l'hypothèse était fausse; si l'expérience vérifie cette conséquence, l'hypothèse est confirmée, sinon, non. Ainsi, pour prendre un exemple fort connu, quand Le Verrier voulut vérifier si les inégalités du mouvement d'Uranus étaient dues à la présence d'une planète non encore observée, il tira à l'aide du calcul la conclusion que, si l'hypothèse était vraie, à tel jour dans telle région déter-

minée du ciel on devait voir la planète hypothétique. En supposant que son hypothèse fût fausse, il était souverainement improbable que par pur hasard il se trouverait précisément une planète dans la région indiquée. Or, il suffit à l'astronome Gall de Berlin de diriger son télescope vers le point désigné, pour y trouver l'astre cherché ; dès lors l'hypothèse était pleinement confirmée, et il ne fallait pas se mettre en quête d'une autre cause pour les perturbations d'Uranus. Une seule observation a suffi dans ce cas; d'autres fois des observations nombreuses sont requises pour fournir la certitude.

Ainsi c'est grâce aux nombreuses observations faites sur les êtres vivants, que je suis certain que la condition nécessaire à la production de tout organisme, si infime soit-il, est l'existence antérieure d'un autre organisme qui l'engendre aux dépens de sa propre substance. L'impossibilité d'un autre mode de formation n'est pas manifeste *à priori*, mais les observations favorables à la production exclusive des corps vivants les uns par les autres ont été si multipliées et conduites de telle façon que, si l'hypothèse contraire était vraie, et si quelques organismes pouvaient se former par génération spontanée, il serait extrêmement improbable qu'ils n'eussent pas donné, ici ou là, quelque faible indice de leur existence. Comme on le voit, le principe de notre certitude est le même ici que dans le cas précédent. C'est l'existence constatée d'un fait qui est une conséquence forcée de l'hypothèse proposée et serait en même temps d'une extrême improbabilité dans l'hypothèse contraire. Dans le cas de Le Verrier, ce fait est l'apparition d'une planète dans le champ du télescope dirigé vers un point déterminé du ciel; dans le second cas, c'est la non apparition d'êtres vivants formés par génération spontanée, en dépit d'observations multiples qui auraient dû en révéler la présence s'il en existait.

Cause.

Imitant l'exemple de Claude Bernard, nous avons déjà souvent employé le mot de *cause*, et nous avons eu à relever une singulière acception que lui avait donnée quelque part le savant français, à la suite d'une confusion entre les conditions déterminantes d'un phénomène et ses éléments constitutifs. Mais, en dehors du passage auquel nous faisons allusion, Claude Bernard se sert, à la manière ordinaire, du mot cause pour désigner ce qui précède et détermine le phénomène. Voilà pour le mot, venons à la chose. On pourrait lire des volumes entiers de notre auteur sans se douter que la notion de cause ait chez lui un caractère particulier, et il faut arriver à son dernier ouvrage, les *Leçons sur les phénomènes de la vie*, pour avoir toute sa pensée sur ce point. Il y énonce, comme un principe hors de conteste, que les forces, quelles qu'elles soient, n'ont aucune valeur objective : elles sont une personnification trompeuse de l'arrangement des choses (1). « Notre esprit saisit l'unité et le lien, l'harmonie des phénomènes, et il la considère comme l'expression d'une *force* : mais grande serait l'erreur de croire que cette force métaphysique est active... Ce serait une pure illusion que de vouloir rien provoquer par elles (les forces physiques). Ce sont là des conceptions métaphysiques nécessaires, mais qui ne sortent point du domaine intellectuel où elles sont nées, et ne viennent point réagir sur les phénomènes qui ont donné à l'esprit l'occasion de les créer (2). »

Que connaît-on par conséquent ? « Dans aucune science expérimentale, on ne connaît autre chose que les conditions *physico-chimiques* des phénomènes ; on ne travaille à autre chose qu'à déterminer ces conditions. Nulle part

(1) Ouvr. cité, p. 47.
(2) Ibid., p. 44.

on n'atteint les causes premières ; les *forces physiques* sont tout aussi obscures que la *force vitale* et tout aussi en dehors de la prise directe de l'expérience (1). »

La science doit donc se contenter de cette formule : tel ou tel phénomène sera nécessairement suivi de tel autre. Je place dans une éprouvette deux volumes d'hydrogène et un volume d'oxygène, je fais passer dans le mélange une étincelle électrique, et j'obtiens de la vapeur d'eau. Y a-t-il eu, dans l'effet produit, quelque influence physique de l'hydrogène, de l'oxygène ou de l'étincelle électrique? D'après Claude Bernard, je n'en sais rien, car je ne vois pas cette influence physique et il m'est impossible de la constater. L'esprit sent la nécessité d'admettre une telle influence, de supposer une affinité des deux gaz entre eux; mais tout cela ce sont des conceptions métaphysiques, qui n'ont aucune valeur dans le monde objectif. La succession nécessaire des phénomènes peut seule être atteinte par l'expérience.

Le problème est important. Ce n'est plus d'un mot qu'il s'agit, l'idée de cause elle-même est en jeu et nous allons examiner si la science expérimentale peut se contenter de ces phénomènes qui se suivent, comme autant de tableaux fondants, sans aucune influence de l'un sur l'autre.

Si l'on est si déterminé à rejeter dans les sciences expérimentales toute influence physique, je m'étonne tout d'abord qu'on accepte encore comme réels ces phénomènes eux-mêmes, dont la suite ordonnée serait tout l'objet de nos connaissances. Comment sais-je en effet que l'hydrogène et l'oxygène, réunis et combinés suivant une certaine proportion de volumes, donnent de l'eau? Apparemment parce que j'ai vu ces deux phénomènes se succéder l'un à l'autre. Mais comment de la vue de ces phénomènes suis-je arrivé à conclure à leur existence réelle? Si les influences physiques sont inutiles, il peut très bien se faire que le

(1) Ouvr. cité, p. 43.

phénomène de la vision d'un objet se produise en dehors de la présence de l'objet, et même à quoi bon la présence de l'objet, puisqu'elle n'a aucune influence sur le phénomène de la vision ? En se retranchant donc dans le domaine des faits purs, on arriverait à ne plus admettre que les faits intérieurs de vision, d'audition, etc. Résultat singulier, ces mêmes hommes qui tiennent si peu de compte des vues de l'esprit et s'inclinent exclusivement devant les phénomènes de la matière, sont précisément ceux qui, en vertu de leurs principes, devraient compter pour rien la matière et ne placer dans l'ordre de la réalité que les faits intérieurs et immatériels.

Mais ce n'est pas tout. Dans l'explication des lois qui régissent les phénomènes, tout repose sur l'idée d'une influence exercée par un phénomène sur un autre. On rit maintenant des déférents et des épicycles des anciens, parce qu'on trouve ridicule la supposition d'une planète se mouvant circulairement autour d'un point idéal ; et l'on trouve au contraire tout naturel que la trajectoire d'une planète puisse être une courbe, si à l'intérieur de la trajectoire se trouve un corps d'une masse et d'une position déterminées. Mais si ce corps n'a aucune influence, si l'attraction n'est pas une force réelle et n'est qu'une simple conception de notre esprit, si ce corps est par rapport à la planète comme s'il n'était pas, la difficulté d'une trajectoire courbe est la même, que le corps existe ou qu'il n'existe pas.

D'ailleurs les naturalistes distinguent très bien deux cas de priorité, l'un, où le phénomène antécédent est dépourvu de toute influence sur le phénomène qui le suit, l'autre, où cette influence est manifeste. Les ouragans et les cyclones sont invariablement précédés de grandes variations dans la hauteur de la colonne mercurielle. Quel est cependant le physicien qui ait jamais songé à dire que les variations d'une colonne mercurielle d'un centimètre de diamètre et de 76 centimètres de hauteur aient *déterminé*

ces météores puissants qui dans leur marche dévastatrice font tourbillonner les arbres les plus fortement enracinés et réduisent en poussière les édifices les plus solidement bâtis? Au contraire, on ne se sent point choqué par l'hypothèse que ces effets de destruction aient été *provoqués* par des variations de pression et de densité dans ces masses énormes de gaz qui constituent notre atmosphère, et tandis que les variations barométriques ne seront jamais que le *signe* des grandes tempêtes, les variations atmosphériques en seront proclamées la *cause*. Le simple fait de la priorité ne se confond donc point, aux yeux des savants, avec la capacité de déterminer ou de provoquer un phénomène ; il faut en outre certaines conditions qui supposent une véritable influence physique d'un phénomène sur le suivant.

Ce n'est pas cependant que nous puissions jamais saisir directement par l'observation la causalité physique existant entre deux phénomènes extérieurs. Ni l'attraction, ni l'affinité, ni la cohésion, ni l'irritabilité, ni la contractilité, ni l'élasticité ne tombent directement sous le sens, et nous ne les atteignons que par leurs effets, c'est-à-dire, par les impressions sensibles qu'elles provoquent en nous. Nous avons dit plus haut que la connaissance des phénomènes extérieurs eux-mêmes est aussi un résultat des impressions exercées sur nos sens. Cependant, quoique résultant toutes deux par voie de conséquence de l'examen des faits intérieurs, la connaissance des forces et celle des phénomènes extérieurs sont loin d'avoir le même degré de clarté et la première le cède infiniment à la seconde. Car les impressions visuelles, auditives, tactiles ne sont point seulement les effets des phénomènes extérieurs, elles en sont encore une espèce de représentation. L'image d'un navire reflétée par une mer tranquille et le sillon qu'il y trace sont tous deux des effets de sa présence ; mais l'image nous donne une idée claire de sa forme, tandis que le sillon ne nous fournit que l'idée vague d'un corps en mouvement. De

même les impressions sensibles nous donnent une idée claire des formes, de la grandeur, du mouvement des corps ; mais quant aux forces, elles ne nous en procurent que l'idée vague de quelque chose capable de produire tel ou tel phénomène avec une intensité donnée. Aussi, quand nous affirmons l'existence d'une force d'attraction, nous prétendons seulement qu'il y a dans la nature quelque chose en vertu de quoi deux corps tendent à se rapprocher mutuellement suivant certaines lois. Il peut paraître naïf de réduire la question à ces termes, mais si cette vérité est tellement claire qu'elle semble une tautologie, que faut-il penser de ceux qui la nient?

Jusqu'ici nous avons parlé des phénomènes extérieurs et c'est à eux seuls que doivent s'appliquer les réflexions précédentes ; car, pour les phénomènes intérieurs ou psychiques, nous pouvons, dans certains cas, saisir directement l'influence exercée par le *moi* dans leur production. Quand je pose l'acte de vouloir marcher, non seulement je perçois que cet acte de volonté est en moi, mais aussi qu'il procède de moi, et que mon influence sur lui est telle que je puis le continuer ou le suspendre à mon gré. Si l'on me demande de définir cette influence, ce sera le cas d'appliquer ce mot de Poinsot, cité par Claude Bernard : « Si quelqu'un me demandait de définir le temps, disait l'illustre mathématicien, je lui répondrais : Savez-vous de quoi vous parlez? S'il me disait : Oui. — Eh bien, parlons-en. S'il me disait : Non. — Eh bien, parlons d'autre chose (1). » De même la notion de l'influence exercée par le *moi* sur l'acte de volonté est si claire, et en même temps si simple que je puis en parler sans crainte d'équivoque à qui m'entend, et que je ne puis l'expliquer à qui prétend ne pas m'entendre. Il est impossible de donner une notion exacte de la couleur à un aveugle-né, et cependant deux hommes qui jouissent de la vue ne peuvent manquer de se comprendre lorsqu'ils

(1) *Leçons sur les phén. de la vie*, p 24.

parlent de couleur. Cette influence si claire du *moi* sur la volition nous donne quelque intelligence des autres influences physiques et nous permet de les comprendre en quelque sorte. Au moins avons-nous par là une certaine analogie des rapports de causalité existant dans le monde extérieur. Toutefois les différences restent grandes encore, et si nous pouvons comparer la causalité extérieure à l'influence exercée par le *moi* sur notre acte volontaire au moment où nous posons ce dernier, nous ne trouvons dans le monde corporel rien de semblable à cette pleine possession de nous-mêmes qui nous permet de suspendre cet acte à notre gré.

Vie.

Il nous faut maintenant examiner comment les principes de Claude Bernard sur la définition, les lois naturelles et les causes, l'ont servi dans la résolution des questions générales relatives aux êtres vivants. Et d'abord quelle est d'après lui la portée de la différence qui existe entre les êtres vivants et les minéraux ? La réponse qu'il donne à cette question peut se résumer ainsi : Les phénomènes vitaux, pris individuellement, peuvent être expliqués par les conditions physico-chimiques ; mais, considérés dans leur ensemble, dans leur ordre, dans leur succession, dans leur apparition à des époques déterminées pour chaque espèce d'êtres vivants, dans leur retour à des intervalles réguliers, ils ne trouvent plus, dans les conditions purement physico-chimiques, une explication suffisante. Il faut admettre le concours simultané de conditions organiques, léguées par l'hérédité. Toutefois l'organisation ne peut tout expliquer, car les phénomènes vitaux sont si différents de ceux de la matière brute, que notre esprit ne peut les interpréter sans leur supposer pour origine un principe vital. Mais ce prin-

cipe vital, pure création de notre intelligence, n'a aucune influence sur les phénomènes (1).

Dans ce mélange hardi d'assertions, qui semblent réunies à plaisir pour confondre le lecteur, il y a, à notre sens, plus que du paradoxe, il y a lutte, opposition, contradiction. Est-il vrai premièrement que les phénomènes vitaux, pris individuellement, puissent être expliqués par les seules conditions physico-chimiques? Les phénomènes de la vie végétative, la respiration, la circulation, la reproduction, l'assimilation nous semblent susceptibles d'une telle interprétation ; la force, qui se manifeste dans ces opérations, peut à la rigueur être la simple résultante de forces résidant déjà dans chaque élément matériel avant que celui-ci ait été incorporé dans l'organisme. Ces opérations, en effet, se réduisent d'une manière ultime à des modifications de chacun des éléments matériels et, ni en elles-mêmes, ni dans les circonstances de leur apparition, ces modifications ne semblent requérir autre chose qu'une action mutuelle des éléments les uns sur les autres, sans l'intervention d'aucune force surajoutée à l'organisme. Non point que cette action doive nécessairement se ramener à la lumière, à la chaleur, à l'électricité, à l'attraction, ou aux autres forces connues, qui, pour agir, ne requièrent point le groupement des éléments matériels en un organisme . pour les appeler physico- chimiques, il suffit que les forces, dont nous parlons, *existent* dans les éléments avant l'assimilation de ceux-ci par l'organisme, il n'est point requis qu'elles puissent entrer en exercice en dehors de toute structure organique. Car de ce qu'une force ne se manifeste pas en toute occasion, personne n'a le droit de conclure qu'elle n'existe pas à l'état latent. A ce compte, on pourrait dénier à l'hydrogène libre l'affinité pour l'oxygène ou la capacité de concourir à la formation de l'eau, parce qu'il n'exerce

(1) *Leçons sur les phénomènes de la vie*, passim : spécialement pp. 42 et suiv. et 343 et suiv.

pas cette affinité à toutes les températures et qu'il ne peut, en dehors de la présence de l'oxygène, former la moindre gouttelette aqueuse.

Mais si les phénomènes de la vie végétative n'exigent que des forces matérielles, il n'en est pas de même de ceux de la vie sensitive et spécialement de ceux de la vie intellectuelle. Qu'il s'agisse de phénomènes psychiques, tels que les sensations, les jugements, les actes de volonté, ou de phénomènes externes, tels que les mouvements volontaires, le langage, il faut l'intervention d'un principe supérieur à la matière. Nous devrons revenir sur cet important sujet, mais nous ne pouvons ici nous empêcher d'exprimer le regret que Claude Bernard, en parlant de la vie et des phénomènes vitaux, ait toujours eu principalement en vue les phénomènes de la vie végétative et que, par cette équivoque, il ait fourni aux matérialistes l'occasion d'abuser de son nom comme d'un appui scientifique de leurs doctrines.

D'accord avec Claude Bernard pour attribuer aux seules forces physico-chimiques les phénomènes de la vie végétative pris individuellement, nous pensons aussi avec lui que, pris dans leur suite et leur succession harmonique, ils revendiquent une autre origine. Et ici le fait est patent, car c'est aux faits qu'il faut demander la solution de telles questions. Livrée à elle-même, en dehors de tout élément organisé, jamais la matière brute n'a pu donner naissance à un être qui se nourrît, se développât, se reproduisît, comme le fait la moindre algue, la moindre bactérie. Nous ne voyons certainement pas la raison *à priori* de ce fait : pourquoi une amibe peut-elle convertir la matière brute qu'elle s'assimile en matière organisée, douée des fonctions de nutrition, d'assimilation, de reproduction, tandis qu'en l'absence d'organisme, il est impossible d'arriver au même résultat par le seul jeu des forces matérielles, nous n'en savons rien ; mais le fait est là et il faut l'admettre. Les récentes découvertes de synthèse organique, la réalisation d'un grand nombre de principes immédiats, obtenus en

partant des éléments simples, ne peuvent nous donner l'espérance de pouvoir, plus heureux que nos prédécesseurs, former une cellule vivante si simple qu'elle puisse être; car, s'il fut un temps où l'on affirmait aussi l'impossibilité de réaliser les principes immédiats sans le concours des êtres vivants, cette proposition ne s'appuyait point sur une différence radicale entre les principes immédiats et les composés minéraux. Ainsi, le gaz des marais formé de carbone et d'hydrogène, était relégué dans la chimie organique, tandis que l'acide carbonique, corps du même genre que le gaz des marais et différant uniquement de celui-ci par la substitution de l'oxygène à l'hydrogène, appartenait à la chimie inorganique ; la seule raison d'une telle classification était l'inanité des efforts faits jusque-là pour obtenir le gaz des marais au moyen de l'union directe de ses éléments simples. Mais par cela même que ces deux corps avaient une constitution analogue, la facilité avec laquelle on opérait la synthèse de l'acide carbonique fournissait un espoir légitime d'arriver au même résultat pour le corps jusque-là rebelle. Il n'en est pas de même pour les cellules, les fibres et les autres éléments *figurés* des êtres vivants. Ces êtres organisés jouissent de propriétés, l'irritabilité, la contractilité, la faculté de se nourrir et de se reproduire qui n'ont aucun analogue dans la matière brute, et l'impossibilité où l'on a été jusqu'ici d'en produire aucun semble ainsi liée avec un caractère radical et tout à fait spécifique.

Le matérialisme est par là même condamné ; car le propre de cette doctrine est de vouloir tout expliquer par la matière brute, sans l'intervention d'aucun autre principe. Il nous faut voir actuellement quel est, d'après l'auteur des *Leçons sur les phénomènes de la vie*, cet autre principe qui va donner la clef des opérations vitales. Ce doit être nécessairement ou bien une nouvelle force résidant dans l'être organisé et distincte complètement des forces physiques et chimiques, un principe vital en un mot, ou bien un être

supérieur à la nature, qui, à l'origine, a disposé la matière brute en un organisme apte à produire plus tard d'autres organismes semblables. Le choix entre ces deux hypothèses dépend de l'intensité de la disproportion existant entre les phénomènes de la vie végétative et les forces de la matière brute. Comme nous l'avons vu, la disproportion ne va pas au point que les phénomènes isolément ne puissent être produits par les forces physico-chimiques ; c'est l'ordre qui est inexplicable par le jeu de ces seules forces. Or cet ordre lui-même peut ou bien exiger la présence *actuelle* d'une force qui le produise, ou bien requérir seulement l'existence à une époque antérieure d'une force capable de le produire, cet ordre une fois produit étant capable de se perpétuer et de se renouveler de lui-même. C'est ainsi que la suite des sons articulés émis par un orateur exige chez lui la présence d'un principe spirituel et intelligent, et que la même suite de sons émis par le phonographe ne requiert point actuellement dans l'instrument un principe différent de la matière. Il a suffi seulement qu'à une époque antérieure un principe intelligent ait produit par un procédé quelconque une série ordonnée d'empreintes capable de déterminer ensuite la série ordonnée des sons émis par le phonographe. Quelle est, des deux hypothèses, celle adoptée par Claude Bernard? Lisez telle page de ses écrits, vous croirez qu'il se rallie à un principe vital. Lisez telle autre page, vous serez persuadé qu'il adopte l'organicisme. Continuez à feuilleter, et vous ne douterez plus qu'il ne laisse la question indécise. Feuilletez encore, et vous l'entendrez affirmer qu'il a tranché la question. C'est à désespérer le lecteur. Un reproche aussi grave veut être justifié ; nous allons montrer que nous ne l'avons point énoncé à la légère.

Et d'abord quant à l'organicisme, les paroles suivantes sont bien d'un homme qui prétend tout expliquer par l'organisation : « Pour nous, la vie est un conflit. Ses manifestations résultent d'une relation étroite et harmonique

entre les *conditions* et la constitution de l'organisme. Tels sont les deux facteurs qui se trouvent en présence et pour ainsi dire en collaboration dans chaque acte vital. Ces deux facteurs sont en d'autres termes :

» 1° Les *conditions physico-chimiques* déterminées, extérieures, qui gouvernent l'apparition des phénomènes;

» 2° Des *conditions organiques ou lois préétablies*, qui règlent la succession, le concert, l'harmonie de ces phénomènes. Ces conditions organiques morphologiques dérivent par atavisme des êtres antérieurs et forment comme l'héritage qu'ils ont transmis au monde vivant actuel (1). »

Et cependant, au début de l'ouvrage (2), il a déclaré ne pas vouloir de l'organicisme, parce que « cette conception a quelque chose de vague ; la structure n'est pas une propriété physico-chimique, ni une force qui puisse être la cause de rien par elle-même, car elle supposerait une cause à son tour. » Il n'en veut pas plus là où il dit (3) que, par une conception métaphysique nécessaire, notre esprit saisit l'unité et le lien, l'harmonie des phénomènes vitaux comme l'expression d'une force vitale. Or cette nécessité subjective de notre esprit n'existerait certainement pas, si nous pouvions tout ramener à l'organisation ; Claude Bernard songea-t-il jamais à expliquer l'harmonie et le lien des mouvements d'une horloge par la présence d'une force spéciale résidant dans l'instrument?

Il admettra donc une force vitale? Nullement, et il est très explicite sur ce point : la force vitale est une de ces conceptions métaphysiques « qui ne sortent point du domaine intellectuel où elles sont nées, et ne viennent point réagir sur les phénomènes qui ont donné à l'esprit l'occasion de les créer (4). » Un texte aussi clair nous dispense

(1) *Leçons sur les phén. de la vie*, p 345.
(2) Ibid., p. 31.
(3) Ibid., p. 54.
(4) Ibid., p 54.

d'en citer d'autres où il rejette tout aussi catégoriquement la force vitale en dehors du monde réel.

Qu'est-il donc? Organiciste? oui, mais à la condition que l'organisation ne soit pas censée tout expliquer; vitaliste? oui, mais à la condition que la force vitale, admise par l'esprit, n'ait aucune réalité. S'il dit quelque part (1) : « L'idée d'une cause qui préside à l'enchaînement des phénomènes vitaux est sans doute la première qui se présente à l'esprit, et elle paraît indéniable, lorsque l'on considère l'évolution rigoureusement fixée des phénomènes si nombreux et si bien concertés par lesquels l'animal et la plante soutiennent leur existence et parcourent leur carrière..... c'est à cette cause, considérée comme force directrice, que l'on peut donner le nom d'âme physiologique ou de *force vitale*, et on peut l'accepter à la condition de la définir et de ne lui attribuer que ce qui lui revient; » dès qu'il s'agit de préciser ce qui lui revient, il ne se gêne pas pour déclarer que « chaque chose s'exécute dans le corps vivant comme s'il n'y avait pas de force vitale (2). » Cette indécision d'esprit de notre savant se traduit de la manière la plus frappante dans le passage suivant. Après avoir exposé la doctrine matérialiste et la doctrine vitaliste et les avoir rejetées l'une aussi bien que l'autre : « Pour résumer ma pensée, » [conclut-il, et ici on doit nécessairement s'attendre à une formule bien précise] « nous pourrions » [voilà un conditionnel qui n'est pas très rassurant] « dire métaphoriquement, » [comment, le lecteur veut une solution catégorique et vous lui donnez une métaphore,] « la force vitale dirige des phénomènes qu'elle ne produit pas, les agents physiques produisent des phénomènes qu'ils ne dirigent pas (3). »

Quiconque lira attentivement le dernier ouvrage de Claude Bernard sera frappé de ce qu'il y a d'insaisissable

(1) *Leçons sur les phén. de la vie*, p. 47.
(2) Ibid., p. 54.
(3) Ibid., p. 51.

dans son système. Matérialistes, organicistes, vitalistes, peuvent tour à tour se réclamer de lui ou l'attaquer à volonté. Je m'empare de tel passage et je le fais matérialiste, il me suffit de dire que partout ailleurs il a parlé métaphoriquement. Je m'appuie sur ces termes de *vie*, de *principe vital*, de *force vitale*, répétés par lui à satiété, et je le fais vitaliste, en affirmant que tout ce qu'il dit ailleurs doit être interprété dans un sens compatible avec ces expressions. Et cependant de tous les reproches, qu'on eût pu lui faire, celui auquel Claude Bernard se serait montré le plus sensible, c'est le manque de clarté. Il s'évertue partout à faire la part de ce que nous savons et de ce que nous ne savons pas; il reproche à celui-ci d'être vague, à celui-là de faire des confusions, à tel autre d'être peu conséquent. Lui, il veut être clair, ne rien affirmer au delà de ce qui est connu, et toutefois il aboutit à un système qu'il lui est impossible à lui-même d'exprimer autrement que par une métaphore. Si l'on veut bien nous permettre une conjecture qui nous semble très probable, cette hésitation de l'illustre savant provient de ce qu'il comprenait sous le nom de vie, sans faire aucune distinction, des phénomènes aussi disparates que la formation des principes immédiats et les sensations. Il n'osait recourir à une force vitale pour expliquer la formation des principes immédiats, et d'un autre côté il lui répugnait instinctivement d'attribuer aux seules forces physico-chimiques les phénomènes de la sensation. S'il avait voulu distinguer ces deux espèces de phénomènes, il eût aisément échappé à la difficulté ; mais, cédant à un entraînement inconscient, il voulut, comme nous le verrons, mettre les animaux au même rang que les plantes et appliquer aux phénomènes de la vie sensitive l'interprétation qui lui réussissait pour la vie végétative ; tentative malheureuse dont le résultat fut, non l'unité qu'il cherchait, mais la plus déplorable des confusions.

Autant Claude Bernard nous semble indécis, confus dans la question du *principe* de la vie, autant il nous paraît

lucide dans la détermination du *caractère* propre des êtres vivants. Pour lui, la vie est caractérisée par une alternative continuelle, constante, de destruction et de création de la matière organique. Chaque jour, le nombre des globules du sang augmente et diminue en oscillant constamment autour de la même moyenne. La digestion d'aujourd'hui ne peut se faire sans la destruction d'une multitude de cellules gastriques, et celle de demain ne pourra s'accomplir si ces cellules ne se sont point régénérées. Il est plus malaisé de suivre les vicissitudes des fibres musculaires et nerveuses, mais les profondes modifications subies par le sang au contact de ces éléments anatomiques ne laissent aucun doute sur le renouvellement perpétuel de la matière dans les muscles et les nerfs. Rien de semblable dans la matière non organisée. L'eau ne tend point par elle-même à se décomposer, le cristal n'a aucune tendance à renouveler la matière qui le constitue. Par le fait de conditions extrinsèques, l'eau peut être décomposée ; les affinités résidant dans l'oxygène et l'hydrogène, troublées dans leur équilibre, chercheront à se satisfaire soit dans la combinaison primitive, soit dans une autre ; mais, dès qu'elles seront de nouveau neutralisées, elles ne chercheront point à rompre leur nouvel équilibre. Brisé sur une de ses faces par l'action d'un agent étranger, le cristal tendra, suivant les expériences de Pasteur, à se cicatriser en s'attachant de nouvelles particules cristallines puisées dans son eau mère, mais une fois reconstitué, il ne tendra point spontanément à abandonner les éléments qu'il s'était assimilés. L'être vivant, au contraire, n'atteint jamais cette tranquille stabilité ; plus il est vivace, plus il est instable, et l'absence de changement, la froide immobilité est le caractère de la mort soit temporaire soit définitive. Le vulgaire lui-même ne connaît pas de vie sans mouvement ou sans changement de forme ; et la science, en progressant, loin d'infirmer cette opinion, a plutôt étendu le cycle des mutations. Elle ne reconnaît point seulement des vicissi-

tudes d'états, mais un renouvellement même de la matière organisée, de sorte qu'après un certain laps de mois ou d'années, l'organisme vivant, sous le rapport des éléments matériels, est devenu un être aussi différent de ce qu'il était auparavant, qu'il l'est de tout être spécifiquement semblable. Le moule seul s'est conservé, la pâte est changée. C'est ainsi que la vague semble s'avancer de la pleine mer vers le rivage. Nous nous imaginons voir la même masse liquide se déplacer sur la surface de l'océan. Pure illusion, pas une seule des gouttelettes de ce monticule n'est destinée à venir toucher le rivage ; la figure seule avance, laissant à tout instant derrière elle la matière à laquelle elle avait pour un moment imprimé ses contours.

Différence entre les animaux et les végétaux.

Dès notre enfance, nous avons été accoutumés à regarder la plante et l'animal comme deux échelons situés à inégale hauteur dans la série des êtres vivants. Claude Bernard a prétendu ruiner cette différence essentielle, et il affirme l'identité des phénomènes vitaux appartenant à ces deux groupes. Les partisans de la théorie *dualiste*, dit-il (1), pour établir leur opinion, invoquent principalement des différences prises dans trois ordres de phénomènes : au point de vue de la nutrition, les végétaux formeraient les principes immédiats consommés ensuite par les animaux ; au point de vue de la respiration, les végétaux réduiraient l'acide carbonique produit par les animaux ; au point de vue de la sensibilité et de la motilité, les végétaux seraient privés de la sensation et des mouvements volontaires propres aux seuls animaux. Or, à ces trois points de vue, les phénomènes présentés par les deux prétendus règnes d'êtres vivants, sont identiques ; donc cette classification manque de base.

(1) *Leçons sur les phén. de la vie*, pp. 132 et suiv.

Dans l'état progressif des sciences naturelles, chacun sait que les classifications se perfectionnent peu à peu. Dans la distinction des classes, on ne se contente point de l'essentiel, et tenant compte de tous les faits observés, aux différences radicales et définitivement établies on se plaît à en ajouter d'autres qui sont secondaires et acceptées sous bénéfice d'inventaire. La bonne logique évidemment demande que, quand on veut ruiner une distinction admise par des adversaires, on s'attache principalement aux caractères considérés par eux comme essentiels et principaux, et non à certaines notes d'un ordre inférieur, admises provisoirement et d'une façon subsidiaire. Or, que fait l'auteur des *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux ?* Il s'appesantit à démontrer que les animaux peuvent, comme les plantes, former des principes immédiats, graisses, sucres, amidon, et encore ne fait-il pas la moindre allusion à cette circonstance, la plus importante de toutes, que les plantes forment leurs principes immédiats aux dépens des éléments minéraux, tandis que les animaux peuvent seulement élaborer à leur façon des matières rendues déjà organiques. Il s'appuie avec complaisance sur les nouvelles recherches qui ont montré le protoplasme des plantes avide d'oxygène comme celui des animaux, la production de l'oxygène libre étant une fonction, non du protoplasme, mais de la chlorophylle. Mais que m'importent ces rapprochements entre la vie végétative et la vie animale, si la différence considérée de tout temps comme essentielle, radicale, continue à subsister, si les animaux sentent et se meuvent volontairement, tandis que ces deux propriétés sont refusées aux végétaux ? Il est vrai, Claude Bernard a tenté de trouver, sous ce rapport même, une espèce d'analogie entre les deux groupes d'êtres vivants ; mais comment un physiologiste a-t-il osé rapprocher des véritables sensations et des véritables mouvements volontaires une chose aussi purement matérielle que l'apparente langueur et la prétendue sensibilité de la

Mimosa pudica (1) ? A peine peut-on y trouver quelque lointain rapport avec cette irritabilité propre au protoplasme et qui persiste chez un animal décapité ; y voir quelque chose de semblable à l'acte de voir et d'entendre, au sentiment de la souffrance, à ces mouvements prompts, subits, variés, provoqués chez les animaux par la perception visuelle, c'est à quoi aucun physiologiste ne peut raisonnablement songer. Tant qu'on n'aura pas démontré que tous les êtres vivants indistinctement éprouvent des sensations sur lesquelles ils règlent leurs mouvements, il y aura lieu de distinguer parmi eux deux groupes, dont l'un sera caractérisé par la présence et l'autre par l'absence de ces fonctions. Toutes les autres différences sont secondaires. L'existence même d'êtres alternativement classés dans l'un et dans l'autre groupe ne diminue en rien la profondeur de la distinction. Ces prétendus êtres intermédiaires n'existent que par rapport à l'état imparfait de nos connaissances. Prenez le cas le plus frappant, celui des anthérozoïdes émis par les organes mâles des plantes acotylédones. Doués en apparence de mouvements volontaires, ils avancent, reculent, serpentent dans les liquides où on les plonge, et cependant tout leur rôle est de féconder l'ovule femelle par lequel ils sont absorbés. Que sont-ils ? des plantes ? des animaux ? Si, contre toute vraisemblance, ils ont de véritables perceptions comme en ont des animaux invariablement réputés tels, chevaux, chiens, chats, ce sont des animaux. S'ils n'en ont point, ce sont des plantes et leurs mouvements, simples manifestations de la contractilité de leur protoplasme, n'ont rien de plus étrange que ceux des cellules vibratiles tapissant les organes respiratoires des animaux. Les perceptions, visuelles, auditives, et leurs analogues forment en effet un caractère tranché qui se sépare de lui-même des autres propriétés vitales. L'homme, qui exerce toutes les fonctions

(1) *Leçons sur les phén. de la vie*, pp. 257 et suiv.

de la vie, est à même d'établir entre elles une comparaison, et il lui est facile d'observer que les perceptions sensibles sont des actes de sa partie immatérielle, qui ne peuvent être perçus directement par d'autres chez lui, ni par lui chez d'autres, à la différence des phénomènes matériels qui sont également observables pour lui et pour les autres. Il en a la conscience sans l'usage de ses sens ; car, s'il sait qu'il voit, ce n'est pas qu'il ait vu ou entendu ou touché son acte de voir, tandis que pour les actes de digestion, de sécrétion, il les ignore, ou bien, s'il les connaît, c'est par conclusion d'autres phénomènes, ou pour les avoir observés sur lui comme il aurait pu les observer sur d'autres. Les sensations ont donc tout ce qui est nécessaire pour servir de fondement à une classification sérieuse et durable.

Comparaison entre les organismes inférieurs et supérieurs au point de vue de leur dépendance vis-à-vis des agents physico-chimiques.

Si nous repoussons l'unité factice que Claude Bernard a prétendu établir entre les divers représentants de la vie sur la terre, nous ne pouvons que souscrire à ses vues sur les rapports de dépendance des organismes tant supérieurs qu'inférieurs vis-à-vis des agents physico-chimiques. La classification des organismes à ce point de vue est ancienne, mais l'illustre physiologiste a eu le privilège d'y appliquer une terminologie heureuse, et de chercher la raison d'être des phénomènes spéciaux aux organismes de chaque classe, non dans des propriétés spéciales de leurs éléments anatomiques, hypothèse qui aurait pu *à priori* sembler la plus probable, mais dans l'absence ou la présence d'un *milieu intérieur* et dans la perfection du mécanisme qui assure la constance de ce milieu. Sous le rapport de la dépendance des conditions extérieures, la vie peut revêtir trois formes distinctes. Placée dans un vase suffisamment sec, une

graine restera des années entières sans croître ni se développer, tout en conservant la capacité de se transformer en plante, aussitôt qu'elle sera déposée dans un terrain humide convenablement choisi ; à cette forme, le physiologiste français a donné le nom de *vie latente*. L'animal à sang froid, dont l'activité varie avec la température et qui peut rester engourdi pendant un temps plus ou moins long, nous offre le type de la *vie oscillante*. Enfin l'animal à sang chaud, qui ne passe point par ces variations, possède une vie *constante*. Tant que dure la vie latente, toute activité organique est supprimée. A l'époque d'engourdissement de la vie oscillante, les fonctions de la vie de relation sont nulles, celles de la vie végétative ont considérablement diminué d'intensité. Chez les êtres à vie constante, les fonctions de la vie végétative, à l'état normal, ne subissent point d'arrêt ou de diminution notable, et, si les fonctions de la vie de relation peuvent être plus ou moins paralysées pendant le sommeil, il suffit d'une excitation plus intense pour faire reprendre aux sens leur activité ; un bruit un peu fort réveille un animal endormi; un animal engourdi au contraire ne peut guère être tiré de sa léthargie que par une augmentation de chaleur intérieure. Les trois formes de la vie se comportent aussi d'une manière bien différente relativement à la température ambiante. Les êtres, en état de vie latente, subissent toutes les fluctuations de température du milieu où ils sont plongés. Chez les êtres à vie oscillante, la température intérieure monte et descend en même temps que la température extérieure, tout en restant cependant supérieure de quelques degrés. Enfin les animaux à vie constante se distinguent par l'uniformité de leur température intérieure ,quelles que soient les variations thermométriques du milieu ambiant.

A première vue, il semblerait que des types si dissemblables d'êtres vivants doivent être constitués d'éléments anatomiques fort différents les uns des autres quant à leur force de résistance aux conditions physico-chimiques.

Claude Bernard a montré, au contraire, que les éléments anatomiques sont partout, dans l'animal à sang chaud aussi bien que dans la graine inactive, également dépendants des mêmes influences extérieures. Ces influences extérieures, *conditions extrinsèques* de la vie, sont au nombre de quatre : la chaleur, l'humidité, l'oxygène, les réserves alimentaires. Pour mettre en lumière la nécessité de chacune de ces conditions, il suffirait d'instituer, à l'imitation du professeur du Collège de France, quelques expériences sur une plante bien humble, le cresson (1). Les animaux à sang froid, les mammifères à sang chaud ne sont point sous ce rapport autrement doués que la graine du cresson, et la simple distinction du *milieu extérieur* et du *milieu intérieur* est de nature à dissiper ici toutes les illusions. Dans un organisme élevé, un mammifère par exemple, les éléments anatomiques, fibres musculaires, cellules nerveuses, cellules glandulaires, ne sont point exposés au contact direct de l'air ambiant ou des autres corps étrangers ; ils vivent dans un milieu, extérieur à eux, mais intérieur au corps entier. Ce milieu est le sang. Quand donc on cherche à déterminer la plus ou moins grande indépendance des éléments anatomiques par rapport aux conditions extérieures, il importe peu, pour la fibre musculaire par exemple, de connaître la température et la composition en oxygène de l'atmosphère extérieure, avec laquelle la fibre ne se trouve point en contact. Il faut déterminer la température et la richesse en oxygène du sang, qui est le véritable milieu où vit la fibre. Faire autrement ce serait ressembler à un botaniste qui voudrait rechercher les conditions d'existence d'une plante renfermée en serre chaude, en se contentant de lire le thermomètre placé en plein air. A ce compte, une plante tropicale pourrait être censée résister aux froids rigoureux des régions polaires. La distinction entre les deux milieux ainsi établie, il est aisé de prouver que les éléments

(1) *Leçons sur les phén. de la vie*, pp. 72 et suiv.

anatomiques du plus élevé des mammifères sont, comme ceux de la plus simple graine, dépendants des quatre conditions extrinsèques énumérées plus haut. Qui ne sait en effet que l'activité, l'existence même des éléments anatomiques est compromise dès que la température, la richesse en oxygène, la proportion d'eau, la réserve nutritive du sang viennent à changer? Il est plutôt à craindre qu'on ne tombe dans l'extrême contraire, et qu'en voyant périr les éléments anatomiques des animaux supérieurs à la suite de légères variations dans la constitution de leur milieu, tandis que les amibes savent s'accommoder à des écarts très notables du leur, on n'aille attribuer à celles-ci une vitalité plus résistante et plus active. Les paradoxes sont quelquefois vrais, mais il faut se garder de les accepter de confiance. Non, le simple fait de l'accommodation aux conditions extérieures n'est pas une preuve suffisante d'une vitalité plus grande. L'organisme peut être comparé à un de ces engins, animés par la vapeur, qui circulent sur nos voies ferrées. L'activité vitale est la vitesse avec laquelle la machine est lancée ; un changement dans les conditions extérieures est un obstacle, un lourd wagon par exemple immobile sur la voie. Si la locomotive est puissante, animée d'une grande vitesse, et que ses tampons soient fortement élastiques, après le choc il arrivera une de ces deux choses : ou bien culbutant l'obstacle, elle continuera sa course sans presque éprouver de retard, ou bien elle sera elle-même brisée en mille éclats. Supposons au contraire la locomotive moins forte, ayant peu de vitesse et possédant des tampons faiblement élastiques ; elle ne se brisera point à la vérité, mais, comme elle aura à pousser devant elle la voiture qui lui faisait obstacle, sa vitesse sera notablement diminuée. Il en va de même de l'organisme. Un homme en bonne santé se rit des variations de température que redoute le malade; c'est la locomotive puissante qui culbute l'obstacle. Mais d'un autre côté un malade supportera mieux une longue privation de nourriture ou le séjour dans un air vicié qu'une

personne robuste; c'est la faible locomotive qui ralentit son mouvement là où la forte se brise. Une activité surabondante dans un organisme puissant a l'avantage de se jouer des obstacles ordinaires, mais elle se brise devant des obstacles plus forts. Une activité ordinaire dans un organisme faible a le désavantage de subir l'influence des premiers, mais devant les seconds elle plie et ne rompt point.

Liberté.

Les points traités jusqu'ici ne permettraient guère de résoudre un problème très intéressant, celui de savoir si Claude Bernard était matérialiste ou spiritualiste. A en juger par les affirmations contraires, émises par lui dans l'exposition des théories précédentes, on devrait tour à tour dire qu'il penche vers le matérialisme, vers le spiritualisme, vers un scepticisme qui hésite entre les deux systèmes, ou bien vers un autre scepticisme qui les rejette à la fois l'un et l'autre. Chacune de ces appréciations aurait ses textes, sur lesquels elle pourrait s'appuyer. Ce qui complique la question, et ce qu'il y a de plus singulier, ce n'est point que Claude Bernard se mette en contradiction avec lui-même. On peut dire, en effet, qu'il n'est pas un penseur au monde qui soit partout et toujours conséquent avec ses propres principes. Il faut n'avoir jamais défendu aucune thèse dans les sciences pour oser affirmer que jamais on ne s'est surpris en contradiction avec une proposition émise auparavant de très bonne foi, surtout s'il s'agit de propositions générales, dont les applications s'étendent à une multitude de cas non prévus. Avouer cette infirmité humaine, ce n'est pas plaider la cause du scepticisme, c'est simplement affirmer qu'il faut être prudent et réservé Mais s'il arrive à tout penseur de se contredire, il est plus rare qu'un homme de talent et de bonne foi affirme le pour et le contre dans un même livre, sur un point capital spéciale-

ment étudié. Il faut alors que cet homme, ballotté par le doute, passe lui-même d'une manière inconsciente d'une opinion à une autre suivant la face de l'objet qu'il considère. État d'esprit singulier, où tour à tour chacune des contradictoires semble évidente. A tout moment on croit tenir la vérité, à tout moment on retombe dans les perplexités de l'incertitude. Les péripéties de ce drame intérieur pourraient être étudiées avec fruit dans la dernière œuvre de Claude Bernard, les *Leçons sur les phénomènes de la vie.*

Cependant, dans ce conflit d'opinions dont chacune à son tour reste maîtresse du champ de bataille, il en est ordinairement une plus tenace; et la lecture attentive de tout un ouvrage peut seule permettre de la reconnaître. C'est souvent une opinion qui s'est insinuée dans l'esprit de l'écrivain, doucement et par degrés insensibles. Les preuves qui l'étayent, d'une nature très complexe, sont souvent difficiles à bien formuler. C'est pourquoi, à un moment donné, quand on veut se rendre compte de ses opinions, il peut arriver qu'on éprouve un certain embarras, une espèce d'hésitation, qui disparaît aussitôt que, sorti de cet état forcé de réflexion, on se laisse aller naturellement au poids des raisons sans vouloir se perdre dans des profondeurs trop métaphysiques. Chassée par le bon sens, cette hésitation reparaîtra dès qu'il s'agira d'écrire un ouvrage où l'on se croit obligé de donner la raison de tout. On n'avancera qu'avec une certaine timidité des propositions très solides, mais dont il est malaisé de bien exposer les preuves ; tandis qu'on soutiendra avec assurance des principes plus que contestables, mais qui ont pour eux certains arguments spécieux et facilement saisissables. C'est pourquoi l'opinion dominante d'un auteur, dont l'esprit oscille entre les deux contradictoires, peut très bien être celle qu'il introduit avec le moins d'éclat et avec un renfort moins serré d'arguments et de preuves. Tel nous semble être le cas pour Claude Bernard dans la question de l'existence et de la spiritualité de l'âme humaine. Ses principes sur le déter-

minisme, sur l'ignorance de tout ce qui n'est pas matériel, sont affirmés avec une telle vigueur et une telle prolixité, qu'on le rangerait infailliblement parmi les matérialistes, si, à l'occasion, certaines propositions échappées à son bon sens ordinaire ne venaient, malgré le peu de développement qu'il leur donne, attester que dans le fond il était bien catégoriquement spiritualiste. Nous l'avons déjà dit, ce n'est pas à coups de textes que cette appréciation peut se faire. Il faut lire soi-même les œuvres de cet esprit en quête d'une solution sur le problème le plus important de la science de la vie. Cependant il sera bon d'apporter ici quelques passages destinés uniquement à montrer, qu'à côté de ses affirmations sur l'inutilité des investigations ultra-matérielles, il est des affirmations bien nettes aussi sur l'existence dans l'homme d'un principe supérieur à la matière.

Je l'avoue d'abord à regret, oui, c'est Claude Bernard qui a infligé aux sciences psychologiques ce blâme immérité que « les doctrines spiritualistes et matérialistes peuvent être agitées en philosophie,» mais « n'ont pas de place en physiologie expérimentale... parce que le criterium unique dérive de l'expérience.» C'est lui qui a dit : « La tendance... à vouloir immiscer, dans la physiologie, les questions théologiques et philosophiques , à poursuivre leur prétendue conciliation, est... une tendance stérile et funeste, parce qu'elle mêle le sentiment et le raisonnement, confond ce que l'on reconnaît et accepte sans démonstration physique avec ce que l'on ne doit admettre qu'expérimentalement et après démonstration complète. En réalité, on ne peut être spiritualiste ou matérialiste que par sentiment : on est physiologiste par démonstration scientifique (1). » Mais c'est lui aussi qui, à côté des phénomènes de l'univers, admet « des phénomènes de l'âme ; » c'est lui qui soutient que le déterminisme, vrai pour la

(1) *Leçons sur les phén. de la vie,* pp. 44 et suiv.

matière brute, ne vaut pas pour l'âme ; c'est lui qui proteste contre toute assimilation de ses théories avec les doctrines fatalistes de Leibnitz. « Lorsque j'employai pour la première fois, dit-il, le mot de *déterminisme*,... je ne pensais pas qu'il pût être confondu avec le déterminisme philosophique de Leibnitz... Lorsque Leibnitz disait : L'âme humaine est un automate spirituel, il formulait le déterminisme philosophique. Cette doctrine soutient que les phénomènes de l'âme, comme tous les phénomènes de l'univers, sont rigoureusement déterminés par la série des phénomènes antécédents, inclinations, jugements, pensées, désirs, prévalence du plus fort motif, par lesquels l'âme est entraînée. C'est la négation de la liberté humaine, l'affirmation du *fatalisme*. Tout autre est le déterminisme physiologique (1) . »

Il y a donc dans l'homme, d'après Claude Bernard, une âme avec ses inclinations, ses jugements, ses pensées. Il y a une liberté humaine, liberté aussi pleine que peut le désirer le plus convaincu des spiritualistes, puisque les phénomènes n'en sont point déterminés par la série des phénomènes antécédents, pas même par la prévalence du plus fort motif. Et non seulement Claude Bernard admet la liberté morale, mais il en est si convaincu, qu'il a même proposé un système de conciliation entre elle et son déterminisme favori. Il faut l'avouer cependant, cet essai n'est point heureux. Il établit d'abord, comme principe que « le déterminisme physiologique ne peut subir de restriction : tous les phénomènes qui surviennent dans les êtres vivants et dans l'homme, phénomènes supérieurs ou inférieurs, sont soumis à cette loi (2).» Pour éviter tout malentendu, nous devons faire remarquer que ces phénomènes *supérieurs*, dont parle Claude Bernard, ne sont point les phénomènes *internes de l'âme*, mais les phénomènes *physiologiques* qui

(1) *Leçons sur les phén. de la vie*, p. 55.
(2) Ibid., p. 60

en sont la manifestation extérieure; car il ajoute immédiatement : « Toute *manifestation* de l'être vivant... est un phénomène physiologique et se trouve lié à des conditions physico-chimiques déterminées, qui le permettent quand elles sont réalisées, qui l'empêchent quand elles font défaut.» et plus loin : « Les *phénomènes* de l'*âme*, pour se *manifester*, ont besoin de conditions matérielles exactement déterminées. » D'ailleurs appliquer le déterminisme aux phénomènes de l'âme, ce serait, suivant sa propre expression citée plus haut, tout simplement du *fatalisme*, système qu'il repousse énergiquement. Ceci dit pour l'intelligence de l'état de la question, Claude Bernard affirme donc que tous nos actes extérieurs sont soumis au déterminisme et liés à des conditions physico-chimiques déterminées, qui les permettent quand elles sont réalisées, qui les empêchent quand elles font défaut. « Ils apparaissent toujours de la même façon suivant des *lois*, et non arbitrairement ou capricieusement, au hasard d'une spontanéité sans règles (1). » Mais, s'il en est ainsi, d'où vient alors que nos actes extérieurs, qui sont soumis à des *lois*, correspondent si fréquemment à nos actes intérieurs qui se font si souvent par *caprice ?* Il me plaît intérieurement de vouloir me promener, et voilà que je me promène ; tout à coup il me plaît de vouloir m'arrêter, et voilà que je m'arrête ; arbitrairement et en me livrant au hasard d'une spontanéité sans règles, je me mets à vouloir tourner la tête à droite ou à gauche, et ma tête tourne exactement suivant mes désirs. Coïncidences frappantes entre des caprices variables et des lois immuables, coïncidences d'autant plus singulières que, dès qu'il ne s'agit point de ces membres que je crois m'appartenir, il n'y a plus le même accord entre mes propensions intérieures, quelque ardentes que je les suppose, et les lois de l'univers. Par un jour de pluie, je désire voir le soleil dissiper les nuages, le ciel reste voilé ; placé devant

(1) *Leçons sur les phén. de la vie*, p. 61.

une porte fermée, je désire qu'elle s'ouvre, elle reste fermée ; attaqué par mes ennemis, je désire qu'une voix désintéressée s'élève pour ma défense, tout le monde se tait.

L'erreur de cette théorie se dévoile aussi dans ses conséquences. Si ce système était vrai, tout en restant responsables de nos mauvais désirs, ce serait injustement qu'on voudrait nous imputer le dérèglement de nos actes extérieurs. Le voleur serait responsable de sa volonté de léser les intérêts matériels du voisin, il ne serait pas responsable du vol commis, car celui-ci aurait été fait suivant les lois de la nature et non au hasard d'une spontanéité sans règles. Aussi l'illustre physiologiste a-t-il semblé reculer devant les conclusions légitimes de ses théories, et a-t-il préféré restreindre son déterminisme, qui « ne pouvait » cependant « subir de restriction. » A côté « du déterminisme de la *non-liberté* morale, » il admet « le déterminisme de la *liberté* morale, c'est-à-dire un ensemble de conditions anatomiques et physico-chimiques qui lui permettent d'exister (1). » Très bien! Tous les spiritualistes sont d'accord sur l'impossibilité de poser aucun acte extérieur en dehors de certaines conditions anatomiques et physico-chimiques ; malgré l'intensité de mon désir, je ne puis mouvoir un membre paralysé, ni m'élever au-dessus de terre, contrairement aux lois de la gravité. Mais c'est un bien vilain mot que celui de *déterminisme de la liberté morale* employé dans ces conditions. Oui, je suis alors *déterminé* à ne pas mouvoir mon bras et à ne pas m'élever au-dessus de terre ; mais aussi, par le fait même que je suis déterminé, je ne suis plus libre. Où est alors le déterminisme de la liberté morale? Cependant l'auteur des *Leçons sur les phénomènes de la vie* a tâché d'éclairer son idée par un exemple : « Si toutes les conditions anatomiques et physico-chimiques normales existent dans le bras, par exemple, et dans les organes nerveux correspondants, vous

(1) *Leçons sur les phén. de la vie*, p. 61.

pouvez prédire que vous ferez mouvoir le membre et que vous le ferez mouvoir librement dans tous les sens suivant votre volonté. Seulement, le sens dans lequel vous le ferez mouvoir existe dans un futur contingent que vous ne pouvez prévoir, mais dans lequel vous êtes libre de vous déterminer plus tard, suivant les circonstances (1). » Ainsi donc, au moment où j'écris ces lignes, je suis nécessité par les conditions anatomiques et physico-chimiques à mouvoir mon bras, mais il dépend uniquement de moi d'utiliser ce mouvement pour tracer telle ou telle lettre. Mais qu'arriverait-il, si je ne voulais tracer aucune lettre? Mon bras, qui est déterminé à se mouvoir, va-t-il se livrer à des mouvements désordonnés que je ne pourrai comprimer? Si on veut me pardonner ce rapprochement, cette théorie est presque une réminiscence de la fameuse légende du Juif errant, condamné à marcher sans trêve ni merci et n'ayant qu'une seule consolation, celle de diriger ses pas suivant sa volonté. Un tel système pourrait peut-être rencontrer quelque faveur chez un avocat désireux de trouver des circonstances atténuantes dans un procès criminel, au risque de faire passer son client pour un fou furieux, invinciblement condamné à frapper tout en conservant la liberté de diriger ses coups; mais il n'a guère de chance de se faire accepter par ceux qui n'ont rien à démêler avec la cour d'assises. Ceux-là sont parfaitement convaincus qu'il leur est tout aussi possible de tenir leur bras immobile que d'en diriger le mouvement.

D'ailleurs que gagne-t-on, au point de vue du déterminisme ou de la mécanique, à restreindre ainsi la liberté? Que veut le déterminisme? Évidemment que, certaines conditions une fois posées, les phénomènes apparaissent suivant des lois fixes, et qu'à des conditions identiques correspondent des effets identiques. Ce serait du pur arbitraire que de restreindre la proposition à l'existence et à la

(1) *Leçons sur les phén. de la vie*, p. 61, note.

quantité du mouvement, sans l'appliquer à la direction. La direction est-elle donc un élément si indifférent dans les lois naturelles, et ne serait-ce point un aussi grand miracle de voir l'aiguille aimantée se mouvoir sous l'influence d'un courant électrique au rebours de sa direction normale que si elle restait complètement immobile? Au point de vue de la mécanique d'ailleurs, la direction a autant d'importance que la quantité ; on établit aussi rigoureusement la direction d'une résultante que sa grandeur. On le voit, la direction n'est point un de ces éléments de peu de valeur que les mathématiciens abandonneraient volontiers à la libre disposition des philosophes. S'ils tiennent à leur quantité de mouvement, à leur énergie potentielle et actuelle, ils tiennent tout autant à la direction, et n'admettront pas plus aisément dans la matière une direction indéterminée qu'une vitesse indéterminée. Donc, si l'on croit ne pouvoir être d'accord avec eux à moins d'admettre que toute quantité de mouvement est déterminée à l'avance, il faut aussi admettre que toute direction de mouvement est déterminée à l'avance et nier toute liberté. Mais heureusement la mécanique n'envisage que la matière livrée à elle-même ; dès lors il n'y a pas à craindre de conflit avec les mathématiciens, dès qu'il s'agit d'êtres spirituels, puisque c'est là un terrain que la mécanique fait profession de ne pas aborder.

Conclusion.

Il y a lieu de se demander quelle fut la cause des erreurs commises par Claude Bernard dans ses théories sur les phénomènes de l'âme. Nous n'hésitons pas à dire que ce fut la nature un peu exclusive de ses études. Dès l'abord, il se lança dans des recherches où les éléments anatomiques étaient tout, le principe immatériel rien. Les phénomènes de la digestion, sur lesquels se porta au début

son attention, s'accomplissent, sous l'action des différents sucs, avec une égale facilité soit au dedans soit au dehors de l'économie. La formation des sucs digestifs eux-mêmes est une pure transformation matérielle des éléments du sang et requiert seulement certaines forces chimiques spéciales dans les diverses cellules glandulaires. Les phénomènes réflexes, dus au système nerveux, se réduisent aussi en fin de compte à des propriétés d'excitabilité et de contractilité résidant dans chaque fibre nerveuse et chaque fibre musculaire prise à part ; et, sous ce rapport, l'organisme n'est qu'une machine bien montée, dont les mouvements s'expliquent sans l'intervention régulatrice d'un principe étranger. Dans les différents phénomènes qu'il étudia, Claude Bernard se trouvait donc en présence d'éléments matériels, de conditions matérielles, de réactifs matériels. Tout s'estimait et se jugeait par le microscope, la balance, les liqueurs titrées. La matière devint donc pour lui l'unique objet de la science, et le déterminisme, propre à la matière, la seule règle à appliquer aux phénomènes. Tendance confirmée chez lui par les assertions téméraires de plusieurs médecins vitalistes ; car ces mêmes phénomènes, qu'il avait su rattacher à des conditions bien déterminées et dériver des seules propriétés des fibres et des cellules, il les voyait attribués par ces médecins à un principe immatériel, agissant d'une façon arbitraire et se dérobant par là à toute loi déterminée. Ayant ainsi surpris ses adversaires en flagrant délit d'ignorance et de fatuité, il se laissa emporter, dans l'ardeur de son triomphe, au delà des limites du vrai, et voulut tout réduire à la matière et tout soumettre à l'empire du déterminisme. Il avait cependant assez de bon sens pour apercevoir en lui-même autre chose que des fibres et des cellules, et il ne se faisait pas illusion au point de croire que ses ingénieuses découvertes étaient sécrétées par les cellules de son cerveau, comme le suc gastrique par les cellules de l'estomac. Il se sentait en possession d'une véritable liberté, et ne pouvait se cacher que ses ac-

tions volontaires n'étaient point nécessitées comme le sont les mouvements des muscles à la suite d'une commotion électrique. Pour expliquer ces nouveaux phénomènes, il suffisait d'admettre, à côté des êtres matériels, nécessités dans leurs actes, d'autres êtres inétendus et dont quelques-uns, l'âme humaine entre autres, étaient capables d'agir ou de suspendre leur action à leur gré, indépendamment des conditions extérieures. Mais admettre cela c'était, aux yeux de Claude Bernard, retomber par l'admission d'êtres immatériels dans le suprême inconvénient des sciences naturelles d'autrefois, alors qu'elles n'étaient point encore réglées par la méthode expérimentale ; c'était accepter, les yeux fermés, des phénomènes qui, échappant au contrôle des instruments, n'étaient susceptibles d'aucune mesure exacte ; c'était, à ce qu'il croyait, rétablir l'*à priori*, le règne des idées creuses et arbitraires, et permettre à chacun de se créer des systèmes aussi vains qu'irréfutables, vu le caractère insaisissable de l'objet sur lequel se porterait la discussion. Ensuite c'était enlever sa généralité au principe du déterminisme, et l'on sait combien il est cruel à un savant d'admettre des exceptions à une théorie dont il se croit le père. Qu'était-ce en effet qu'un principe, qu'on acceptait dans une science et qu'on rejetait dans une autre ?

Habitué aux moyens d'investigation en usage dans les sciences physiologiques, convaincu de leur excellence, le savant français en était venu à donner peu d'attention aux autres procédés expérimentaux, et à les considérer avec un certain dédain, comme si la méthode expérimentale se confondait avec certains instruments particuliers d'observation. Or, quiconque veut réfléchir, se convaincra aisément que la vue, l'ouïe et les autres sens ne sont point les seuls ni les plus infaillibles moyens d'arriver à la connaissance des faits. J'aime, je hais, je pense, je doute, je souffre, voilà des faits aussi certains et même plus certains pour moi que la contraction d'un gastrocnémien de grenouille ;

et cependant ce n'est point par les sens que je les connais. Que deviendrait la science des phénomènes extérieurs eux-mêmes, si les sens seuls étaient des témoins irrécusables ? La certitude pourrait, à la rigueur, durer autant de temps que le phénomène, mais après ? Quand le phénomène est passé, est-ce que je cesse d'en être certain ? Et cependant je ne le vois plus. C'est la mémoire, me dira-t-on ; mais le souvenir d'un phénomène est un fait intérieur, et comment avoir la certitude du phénomène rapporté par la mémoire, si je ne suis pas capable d'analyser ce fait intérieur et de distinguer un souvenir vif et distinct d'une de ces réminiscences vagues, obscures, où les faits sont altérés et défigurés. De plus, comme nous avons eu déjà l'occasion de le faire remarquer, le fait intérieur est toujours connu, même dans les sciences d'observation, avant le fait extérieur. On a la conscience d'avoir telle ou telle représentation visuelle de l'objet avant d'affirmer l'existence de telle ou telle qualité dans ce dernier. Sans doute, le passage du fait intérieur au fait extérieur est souvent si rapide que le premier échappe presque à l'attention. Nous jugeons de la distance d'un corps sans presque remarquer que nous avons dû faire tout un raisonnement pour porter ce jugement. Nous attribuons à tel objet un contour circulaire sans presque remarquer que ce que nous avons vu, de fait, était un contour elliptique, et c'est sur ce passage presque instantané du fait intérieur au fait extérieur que sont fondées les illusions dues à la peinture. L'astronome, par la nature même des objets qu'il contemple et des instruments qu'il emploie, accorde plus d'attention au fait intérieur, et il a besoin d'un raisonnement tout à fait explicite pour rétablir les contours réels des corps célestes qu'il lui est donné d'observer. Le micrographe aussi est souvent réduit à la même nécessité pour déterminer la valeur objective de ses représentations visuelles. Le fait intérieur est donc connu avant le fait extérieur et est plus certain que lui (1).

(1) Voir la Note à la fin de l'article.

La vérité toutefois est ennemie de l'exagération. Si le fait intérieur, dans ses traits principaux, est plus certain et plus facile à saisir que le fait extérieur, il est plus difficile à mesurer. Je mesure plus aisément l'intensité de la flamme qui me brûle que la douleur causée par la brûlure. De là vient, entre autres, la difficulté de trouver la loi qui règle les rapports de l'excitation avec la sensation qu'elle provoque. La nature même de l'opération de mesurer explique suffisamment cette espèce de paradoxe. L'espace seul est susceptible de mesure directe et exacte, parce que l'espace seul est un tout coexistant, divisible en parties dont l'égalité peut être manifestée par la superposition d'une même unité de grandeur. Le temps partage avec l'espace la qualité d'être divisible en parties égales; mais ces parties n'étant pas coexistantes, il est impossible de constater directement leur égalité et il faut passer par l'espace pour juger de l'égalité des divisions du temps. Quant aux forces, c'est par définition qu'on juge de leur grandeur relative par la grandeur de leurs effets. En dehors de l'espace et du temps, on peut aussi juger de l'égalité de certaines sensations. C'est ainsi qu'on en use en photométrie, lorsqu'on juge de l'égalité des ombres portées, mais à la différence du temps et de l'espace, ces sensations ne sont point composées de parties, et il n'est pas étonnant qu'en dehors de l'égalité, les autres rapports de grandeur ne puissent être déterminés exactement. Pour arriver à un tel résultat, il faudrait que les sensations fussent composées de deux, trois sensations égales, comme les espaces sont composés de deux, trois espaces égaux. En comparant deux objectifs de microscope, on pourra dire qu'en se servant de l'un ou de l'autre on voit l'objet avec la même clarté, mais en supposant la clarté inégale, tout ce qu'on pourra affirmer, c'est qu'elle est d'une manière vague, plus ou moins inégale, et on ne pourra aller directement jusqu'à dire que dans un cas elle est double, triple de ce qu'elle est dans l'autre.

Quant au principe du déterminisme, pour lequel Claude Bernard avait tant de prédilection, ce n'est point un de ces principes de raison pure qui, comme ceux des mathématiques, n'admettent aucune exception. C'est une loi expérimentale, et qui n'a de valeur que pour les êtres de la même catégorie que ceux sur lesquels elle a déjà été démontrée. C'est ainsi que les lois de la gravité ont d'abord été légitimement circonscrites aux corps situés sur notre globe. Il a fallu les observations de Newton sur la lune d'abord, sur les autres planètes ensuite, observations confirmées par les astronomes postérieurs, pour qu'on fût en droit de les étendre aux autres corps de notre système planétaire. Cette limitation des lois naturelles est tellement reconnue que, pour les corps qui ne tombent point directement sous les sens, les physiciens n'hésitent pas à les soustraire à la gravité; car que sont les corps *impondérables* sinon des corps qui ne subissent point cette espèce d'attraction? De même, le principe du déterminisme, prouvé pour les corps, ne peut être étendu, sans un nouveau contrôle, au monde immatériel. L'expérience seule est ici capable de nous éclairer. Soumettez, j'y consens, à l'empire du déterminisme le principe vital des animaux, si l'observation le montre assujetti à se comporter toujours identiquement dans des conditions identiques ; mais reconnaissez aussi pour supérieur au déterminisme le principe spirituel de l'homme, puisque c'est un fait certain d'expérience que ce principe ne subit point d'influence irrésistible de la part des conditions extérieures. Il ne peut agir, il est vrai, quand certaines conditions font défaut, mais il peut s'abstenir d'agir alors même que toutes les conditions requises sont présentes. Fait primordial et admis implicitement par tous! Aussi, quoi qu'ils en disent, les plus ardents matérialistes en font la base de leur conduite et le supposent dans leurs actions les plus ordinaires. On l'a nié, il est vrai, mais on a nié également et avec moins d'absurdité l'existence de la matière elle-même à laquelle certains hommes affectent de croire uniquement.

La bonne foi de Claude Bernard l'empêcha de se rattacher au groupe des adversaires de la liberté humaine, et il mérite cet éloge de n'avoir jamais fait céder ses convictions à la recherche de la popularité ou au désir de plaire ; mais, sans avoir conscience du tort qu'il faisait à la vérité, il eut le malheur de vouloir tout réduire à la mesure de son déterminisme. Ce qui ne pouvait s'y accommoder fut violenté, plié, contourné, de manière à pouvoir entrer dans ce moule arbitraire et, de cette adaptation contre nature, on vit sortir une théorie dont la formule, *le déterminisme de la liberté morale*, révèle dès l'abord toute l'étrangeté.

Arrivé au terme de cette étude, il ne nous sera point difficile de porter un jugement sur l'illustre professeur du Collège de France et du Muséum. Physiologiste, sa sagacité, récompensée par la fortune, lui fit faire des découvertes, qui conserveront toujours une place importante dans la physiologie ; quelques erreurs, quelques assertions gratuites, mêlées à ses recherches, n'en diminuent point l'importance et témoignent seulement que la vivacité de l'esprit et l'ardeur à étendre le domaine de la science ont, comme toutes les qualités humaines, des défauts qui leur sont inhérents. Philosophe, le plus bel hommage qu'on puisse lui rendre, c'est de reconnaître en lui un jugement intègre et ce penchant, propre à tous les nobles esprits, de s'intéresser aux grands problèmes qui ont pour objets les causes et les lois du monde visible, l'existence et les secrets du monde invisible. Jamais il ne s'abaissa jusqu'à réduire à des phénomènes purement corporels les manifestations intellectuelles et volontaires de l'homme ; mais le défaut d'une sérieuse éducation philosophique, l'absence de maître, une attention exclusivement attachée au côté purement physiologique des êtres vivants, une théorie préconçue et trop généralisée expliquent suffisamment l'inconsistance des idées qui le travaillèrent pendant les vingt dernières années de sa vie. Il avait espéré la gloire de faire entrer la

philosophie scientifique dans une ère nouvelle. Nous avons le regret de dire que son rêve ne s'est point réalisé ; mais un homme d'une telle droiture de caractère ne pouvait persister jusqu'au bout dans cet inquiet scepticisme, espèce de vertige causé par les profondeurs de la nature. Revenu à lui-même, au seuil de l'éternité, son bon sens l'emporta, et le grand physiologiste mourut chrétien.

G. Hahn, S. J.

NOTE.

Les considérations sur le fait intérieur, développées à la page 487, étaient écrites depuis longtemps déjà, lorsque la *Revue Scientifique* (28 décembre 1879) publia la traduction d'une remarquable *lecture* donnée à *Royal Institution* par M. Huxley, que je m'honore d'avoir eu pour maître dans mes études biologiques. Au point de vue des croyances religieuses, nous sommes à deux pôles opposés ; mais je suis heureux de constater que nous nous rencontrons sur le terrain de l'existence d'un monde immatériel, doué « d'une réalité mieux établie que celle du monde matériel. » L'objet de la conférence était *la nature de la sensation et la structure des organes des sens*. Après avoir décrit, comme exemple, tout le *processus* de la perception des odeurs, le secrétaire de la Société Royale se résume, avec sa lucidité habituelle, dans les termes suivants : « Lorsque nous percevons une odeur, les molécules odorantes déterminent dans l'épithélium un changement moléculaire, que Hartley a probablement eu raison d'appeler une vibration, et ce changement, transmis aux fibres nerveuses, les parcourt avec une vitesse qu'il est facile de mesurer, puis arrivant au sensorium, est immédiatement suivi de la sensation. Il n'existe d'ailleurs aucune ressemblance entre la cause de la sensation et la sensation même : celle-ci n'a ni étendue, ni résistance, ni mouvement, ni enfin aucun des attributs de la matière : c'est une entité immatérielle.

» Ainsi l'étude la plus élémentaire de la sensation prouve que, comme l'a si bien dit Descartes, nous connaissons mieux l'esprit que le corps et que la réalité du monde immatériel est mieux établie que celle du monde matériel. La sensation que nous appelons odeur de musc, par exemple, nous est connue d'une manière immédiate : tant qu'elle persiste, elle fait partie de ce que l'on appelle le *moi* pensant et son existence ne peut être révoquée en doute. Au contraire, la connaissance d'une cause objective

ou matérielle de la sensation est médiate : c'est une croyance, au lieu d'être une intuition, et, dans certains cas, cette croyance peut être mal fondée. En effet, les odeurs, tout comme les autres sensations, peuvent résulter de la production des changements moléculaires qui leur correspondent dans le nerf ou dans le sensorium, sous l'impression d'une cause tout autre que l'action d'un corps odorant. Ces sensations subjectives sont aussi réelles que les autres, et nous font croire à l'existence d'un corps odorant extérieur, mais cette croyance n'est qu'une illusion.

» L'organe du sens, le nerf et le sensorium, pris ensemble, constituent l'appareil sensitif. Ils forment la barrière qui sépare l'esprit, représenté, dans l'exemple que nous avons choisi, par la sensation appelée odeur de musc, de l'objet, représenté par la molécule de musc qui vient frapper l'épithélium olfactif. La barrière sensitive et le monde extérieur sont de même nature : ce qui les constitue tous deux peut s'exprimer en fonction de matière et de mouvement. Les changements qui s'opèrent dans l'appareil sensitif se rattachent et sont analogues à ceux qui s'opèrent dans le monde extérieur. Mais la matière et le mouvement se terminent au sensorium, et l'on voit apparaître des phénomèmes d'un autre ordre, c'est-à-dire des états de conscience immatériels. »

Tout philosophe chrétien, familiarisé avec la science, serait, je crois, prêt à signer les lignes qui précèdent. Comment se fait-il qu'après une déclaration si explicite et si bien motivée sur l'existence d'un monde immatériel, M. Huxley semble anéantir ensuite ce dernier, en lui enlevant tout le fond de sa réalité, je veux dire les substances, et en y laissant seulement des phénomènes? Car voici comment il poursuit : « Comment doit s'expliquer le rapport entre les phénomènes matériels et les phénomènes immatériels? C'est là le grand problème de la métaphysique, problème pour lequel trois solutions, qui s'excluent mutuellement, ont été proposées. La première consiste à admettre l'existence d'une substance immatérielle nommée esprit, et à la considérer comme affectée par le mouvement du sensorium, de manière à donner naissance à la sensation. La seconde admet que la sensation est un effet direct du mode de mouvement du sensorium, sans l'intervention d'une substance spirituelle. La troisième consiste à attribuer la sensation, non au mode de mouvement du sensorium, mais à une cause indépendante. Dans ce cas la sensation ne serait pas un effet du mouvement du sensorium, mais ne ferait que l'accompagner. »

» L'exactitude ou la fausseté de chacune de ces hypothèses sont également impossibles à démontrer ; mais, s'il me fallait choisir entre elles, je me laisserais guider par la loi de plus grande économie, et je choisirais la plus simple, c'est-à-dire celle qui présente la sensation comme l'effet direct du mode de mouvement du sensorium. On peut dire avec raison que ceci n'explique en aucune façon la sensation ; mais suis-je

vraiment plus avancé si je dis qu'une sensation est une activité — chose qui m'est absolument inconnue — de la substance de l'esprit — que je ne connais pas davantage ? Le serai-je plus si je dis que la divinité fait naître la sensation dans mon esprit, immédiatement après avoir fait mouvoir d'une certaine façon les molécules du sensorium ? En réalité, comme nous l'avons déjà dit, une sensation est une intuition, une partie de la connaissance immédiate, et, par conséquent, c'est un fait ultime et inexplicable ; tout ce que nous pouvons espérer apprendre à ce sujet, ce sont ses rapports avec d'autres faits naturels. »

La loi de plus grande économie est une excellente chose, mais, sous prétexte d'économie, il ne faut pas priver la science du nécessaire ; or, sans les substances, la réalité du monde immatériel, admise cependant par le savant anglais, serait ruinée par sa base, tout comme celle du monde matériel, si on venait à nier l'existence des corps. Laissons là les vaines questions de mots. Appeler les sensations humaines des affections d'une substance nommée esprit se réduit à énoncer cette proposition d'une extrême simplicité : même après que la sensation d'odeur de musc est terminée, il reste une entité qui n'éprouve plus actuellement la sensation, mais qui est identiquement la même que celle qui l'éprouvait précédemment. C'est là un fait de conscience aussi patent que l'existence de la sensation même, fait qu'on énonce d'une manière vulgaire, lorsqu'on dit : *Je* ne sens plus le musc que *je* sentais auparavant. Au contraire, dans la théorie de M. Huxley, les sensations existant sans sujet qui sente se réduisent à des fantômes insaisissables ; ce sont des formes creuses revêtant le néant, et laissant, à leur disparition, le néant après elles. Comment concevoir qu'*on* sente l'odeur de musc sans que *quelqu'un* sente ? Je dis *qu'on sente*, car le mot *sensation* est un terme abstrait inventé par la science ; le fait concret, expérimental, est qu'*on sent*. Comment même M. Huxley saurait-il qu'il existe des sensations, s'il n'avait pas conscience qu'*il* a senti ? Par le même fait de conscience, il a dû apprendre non seulement qu'il existait à un moment donné une sensation, mais que c'était *lui* qui l'éprouvait. Et l'on peut ici répéter avec l'éminent biologiste, sauf à ne point se rétracter plus tard, que « nous connaissons mieux l'esprit que le corps » (p. 580) ; car la connaissance du *moi* est une intuition immédiate, et de là vient que, s'il est possible de confondre entre elles deux pièces d'argent frappées au même coin, dont l'une aurait été substituée à l'autre, il est impossible de se confondre *soi-même* avec un autre, et quelque habileté que l'on suppose à un prestidigitateur, il ne pourra jamais substituer un autre *moi* à celui dont j'ai toujours eu conscience sans que je m'en aperçoive sur le champ.

Je sais que M. Huxley est ici conséquent avec lui-même, et qu'il ne commet pas la faute d'admettre l'existence de substances corporelles

après avoir contesté l'existence des substances immatérielles. « Tout ce que nous savons de la matière, dit-il, c'est que c'est la substance hypothétique des phénomènes physiques, et qu'en admettant son existence, on fait une hypothèse tout aussi hardie qu'en admettant celle de l'esprit » (p. 580). La matière, la substance *hypothétique* des phénomènes physiques ! Est-ce donc gratuitement que nous admettons qu'il ne peut pas exister de mouvement sans quelque *chose* qui se meuve, de vibration sans quelque *chose* qui vibre, d'attraction sans deux *choses* qui s'attirent, de combinaison sans deux *choses* qui se combinent. Mais ici de nouveau avouons que l'esprit du savant anglais (quoi qu'il en dise, je ne puis m'empêcher de croire à son *esprit*) s'est refusé à admettre des phénomènes physiques *réels* sans une substance qui en les supportant leur donne leur réalité. Les phénomènes physiques, en dehors de nous, sont, à son sens, aussi hypothétiques que la matière ; la seule existence certaine qui leur soit attribuée, c'est celle qu'ils ont à l'état de représentation dans nos perceptions sensibles ; en d'autres mots, les phénomènes physiques n'existent pas plus que ceux qui font l'objet de nos rêves. « Tout ce que nous savons du mouvement, c'est que c'est le nom donné à certains changements dans les rapports de *nos* sensations visuelles, tactiles et musculaires... *Nos* sensations, *nos* plaisirs, *nos* douleurs et les rapports qui existent entre eux, *nous* représentent tous les éléments de connaissance positive et irrécusable que *nous* possédons. A une partie considérable de ces sensations et de leurs rapports *nous* donnons les noms de matière et de mouvement » (p. 580). Je ne veux point m'engager pour le moment dans la question des phénomènes matériels : ce serait en dehors de l'objet de cette note déjà suffisamment longue, et mes lecteurs n'ont pas besoin de mes arguments pour avoir leur persuasion faite à cet égard ; mais j'aime à constater qu'un esprit aussi logique que celui de M. Huxley a parfaitement senti l'impossibilité d'émettre un doute sur l'existence des substances immatérielles sans attaquer du même coup l'existence, non seulement de la matière, mais des simples phénomènes physiques du monde matériel. Bien plus, ces termes de *nos* et de *nous*, que je me suis permis de souligner, ont à mes yeux, malgré le peu de place qu'ils occupent, une valeur considérable dans la controverse actuelle : ils prouvent assez qu'en dépit des efforts de M. Huxley pour se débarrasser de son *moi*, ce dernier sait à l'occasion reprendre l'avantage et s'imposer au langage de son adversaire. Une expérience décisive à faire par les partisans des phénomènes immatériels sans substance serait de tenter d'écrire quelques pages sur le monde intérieur sans user d'aucune expression supposant l'existence de l'âme ; l'impossibilité d'une telle entreprise me semble une preuve sans réplique en faveur de la doctrine spiritualiste.

L'ÉCORCE GRISE DU CERVEAU

Les localisations cérébrales sont un des sujets les plus en faveur aujourd'hui. Ce n'est pas là, croyons-nous, une mode passagère ; car il n'est guère de recherche expérimentale qui puisse présenter plus d'intérêt, soit au médecin, soit au philosophe, par l'importance de ses résultats pratiques et de ses conclusions théoriques. Aussi les travaux, une fois encouragés par les premiers succès, se sont rapidement multipliés de nos jours (1), et l'on éprouve déjà le besoin de résumer les progrès acquis. C'est ce que nous essaierons de faire dans cet article, en négligeant entièrement les parties du problème qui n'ont encore reçu que des solutions douteuses. Nous examinerons successivement les rapports de la couche grise corticale du cerveau : avec l'intelligence, la motricité, la sensibilité et les fonctions sensorielles.

Quelle est la région de la substance corticale réservée aux manifestations intellectuelles ? C'est ainsi que se pose actuellement un problème déjà bien ancien ; car, si haut qu'on

(1) Voir, entre autres, dans la *Revue des questions scientifiques* (juillet 1878), le bel article du Dr Henri Desplats, professeur à l'Université catholique de Lille.

remonte dans l'histoire de la médecine, on y retrouve déjà la notion des manifestations intellectuelles localisées dans la boîte cranienne. C'était une simple conjecture, admise assez généralement, mais contredite parfois. On sait, en effet, que les Épicuriens disaient, avec Lucrèce :

> Animi nunquam mens consiliumque
> Gignitur in capite, aut pedibus manibusve... (1).

Ce qu'il était permis d'entrevoir dans ces temps reculés, est devenu aujourd'hui un fait indéniable. Mieux que cela ; on sait, à n'en plus douter, que les facultés les plus hautes ont leur organe dans une région limitée de l'écorce cérébrale, celle qu'on est convenu de désigner sous le nom de région préfrontale, parce qu'elle se compose des parties corticales antérieures qui correspondent aux régions frontales du crâne.

Nous ne décrirons pas le concours qu'a pu présenter *l'anatomie* en cette découverte. Si cette science n'a pas toujours donné des faits favorables à l'idée d'une localisation exclusive dans la région préfrontale, elle n'a cependant fourni aucune exception qui ne soit parfaitement conciliable avec cette idée.

La physiologie expérimentale a créé des moyens plus probants. De là, des hypothèses rationnelles que *la clinique* devait plus tard, par une série de faits consciencieusement observés et recueillis, traduire en connaissances précises.

Quand on considère attentivement un animal quelconque, mammifère, oiseau, ou grenouille, auquel on a enlevé les régions cérébrales antérieures, on constate qu'il peut encore sentir et se mouvoir. Mais il a perdu toute spontanéité ; il ne vole pas quand on le jette en l'air, il ne marche pas quand on le pousse. Tant qu'on ne le force pas à

(1) *De rerum natura*, III.

s'agiter, il reste constamment assoupi et comme plongé dans la plus profonde léthargie. Si, par diverses irritations, on le force à s'éveiller, il montre un air d'hébétude complète. Il est tout aussi dépourvu de mémoire que de volonté. Il est de la dernière évidence qu'il n'a plus de notions acquises. Il n'a plus ombre de jugement ni de réflexion. Rencontrant un obstacle, il s'y heurte et continuera à s'y heurter toujours. Il ne sait pas plus fuir qu'éviter. L'expérience ne lui apprend rien. Les instincts eux-mêmes ont été sacrifiés par cette mutilation. L'animal ainsi opéré ne cherche plus à s'abriter; il ne cherche plus à manger. On est obligé de lui introduire les aliments jusqu'à l'origine de la gorge. Ils ne sent plus l'appétit sexuel. La poule ne becquète plus, la taupe ne fouille plus, le chat ne griffe plus lorsqu'on l'irrite. On a remarqué cependant que, si on respecte un des lobes, l'autre étant mutilé, les diverses manifestations psychiques persistent.

Voilà ce qu'a appris la physiologie expérimentale.

La clinique, en opérant sur l'homme, a achevé la démonstration, et l'a rendue plus saisissante.

Elle nous enseigne que la destruction de l'écorce cérébrale de la région préfrontale a pour conséquences inéluctables, des altérations corrélatives des facultés psychiques. Cette portion de la couche grise corticale est même uniquement réservée à ces facultés. Soucieux de produire quelques exemples à l'appui de cette affirmation, nous nous trouvons en présence de centaines de cas observés avec précision et dont les conclusions s'imposent. Il s'agit le plus souvent de destructions plus ou moins étendues de la couche préfrontale, entraînant des altérations de l'intelligence sans porter la moindre atteinte aux autres propriétés nerveuses, — nous choisissons une de ces lésions digne à tous égards d'être rapportée.

C'est un cas désormais célèbre, ironiquement qualifié jadis de *Yankee invention*. Aujourd'hui cependant il n'y a plus à en médire. Le corps du délit est conservé dans un

musée anatomique, et le docteur Harlow, qui soigna le malade à l'époque de l'accident, nous a laissé une observation consciencieuse.

Un jeune homme, nommé Gage, armé d'une barre de fer pointue, longue de 3 pieds 7 pouces, large d'un pouce et pesant 13 livres, bourrait d'une matière explosible un trou de mine pratiqué verticalement dans un rocher. La charge éclata tout à coup. La barre de fer, lancée la pointe en avant, pénétra par l'angle gauche de la mâchoire, traversa net le sommet du crâne dans la région frontale près de la suture sagittale, et alla tomber à quelque distance toute couverte de sang et de cervelle. Une heure après l'accident, le malade, que l'on aurait pu assurément tenir pour mort, montait à un étage élevé et racontait au chirurgien d'une façon intelligible ce qui lui était arrivé. Il ne succomba pas à son horrible blessure. Sans doute sa vie fut longtemps en danger ; mais il finit par guérir et vécut encore douze années et demie après l'accident. Après sa mort on jugea utile d'exhumer son crâne, pour le conserver. On y reconnut entre autres, qu'un morceau de paroi osseuse, à peu près grand comme la paume de la main, limité postérieurement par la suture coronale, avait tourné comme sur des gonds pour permettre la sortie de la barre, et qu'à la base du crâne il existait une ouverture qui, après réparation par dépôt osseux, mesurait encore un pouce de largeur sur deux pouces de longueur dans le diamètre antéro-postérieur.

C'est bien ici le cas de penser que la région préfrontale a été profondément dilacérée et détruite. Or quelles modifications fâcheuses cette perforation cérébrale a-t-elle imprimées à l'organisme ? On ne trouva chez le patient ni sensibilité défectueuse, ni troubles moteurs. L'équilibre mental seul était troublé. Les facultés intellectuelles étaient affaiblies, et les instincts pervertis. Antérieurement c'était un ouvrier intelligent et habile ; après l'accident voici ce qu'il était devenu.

« C'est un enfant, écrit le docteur Harlow, pour l'intelligence et les manifestations intellectuelles, un homme pour les passions et les instincts. Avant son accident, bien qu'il n'eût pas reçu d'éducation scolaire, il avait l'esprit bien équilibré ; et on le considérait comme un homme habile en affaires, très énergique et tenace. A cet égard il est tellement changé que ses amis et connaissances disent que ce n'est plus là Gage. »

Nous avons parcouru quantité de récits où, en somme, nous retrouvons toujours les mêmes symptômes. Ainsi encore, chez les fous paralytiques, dont la maladie consiste essentiellement dans un processus inflammatoire des couches corticales antérieures, on observe toujours un certain degré de débilité intellectuelle. Il est très naturel de penser que, si ces aliénés offrent la particularité de présenter un délire généralisé, c'est parce que le processus inflammatoire envahit toute la sphère corticale réservée aux manifestations psychiques. Il importe seulement de remarquer que les lésions des couches corticales de l'hémisphère gauche semblent en corrélation avec des troubles psychiques plus considérables que pour des lésions semblables de l'hémisphère droit. Rappelons aussi toute une classe d'anormaux, où l'on remarque que la défaillance mentale est souvent en relation avec un arrêt de développement ou l'atrophie des lobes frontaux, sans symptômes objectifs en ce qui concerne la sensibilité et la motricité. Il est plus d'un idiot de naissance chez qui l'on a remarqué l'arrêt de développement ou même l'absence totale des parties antérieures du cerveau.

M. Luys a été plus loin dans l'analyse du fonctionnement de l'intelligence. Il a poussé les localisations jusque dans le domaine de la pure hypothèse. On sait que ce que nous désignons sous le nom de couche grise corticale est en réalité composé de couches superposées qui se distinguent l'une de l'autre par la forme, l'orientation, l'ampleur des cellules nerveuses. Pour M. Luys, la plus super-

ficielle de ces couches présiderait au sensorium, la moyenne aux facultés intellectuelles et instinctives, et la plus profonde à la transmission de la volonté par l'action. Mais pour ne pas dépasser l'enseignement des faits observés, nous devons borner à ce qui précède ce qui regarde les fonctions intellectuelles. Il s'agit maintenant de rechercher dans la couche corticale les centres moteurs.

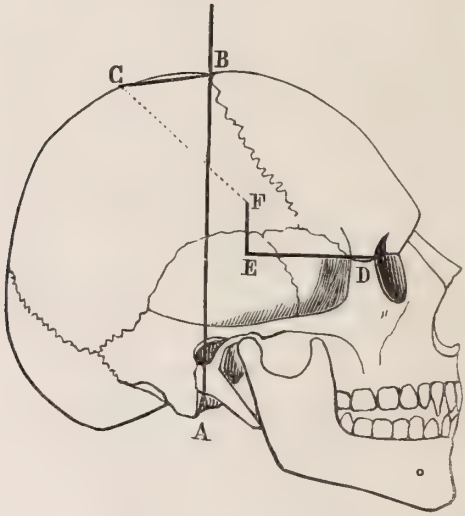

Fig. 1.

Au début de cette recherche, il importe d'établir avec exactitude les rapports que les divers centres moteurs affectent avec les parois du crâne, et d'indiquer la situation, par rapport à la boite cranienne, d'une ligne ou d'un sillon autour duquel ils semblent se grouper.

Au lieu de déterminer ce sillon dans un examen nécroscopique, nous l'indiquerons sur la tête d'un malade. N'est-ce pas là, en effet, qu'il importe ordinairement de le déterminer ?

Plaçons donc le patient devant nous, debout et dirigeant

le regard horizontalement en avant. Le sillon dont il s'agit représentant à peu près une ligne droite, il suffira pour fixer sa situation d'en déterminer les deux extrémités.

Pour trouver le siège de son extrémité supérieure, nous placerons verticalement autour de la tête une lame de carton échancrée, de façon qu'elle passe par les conduits auditifs externes. Ce plan vertical A B passera au sommet de la tête par un point B qu'on a coutume de désigner sous le nom de *bregma*. Il suffira alors de mesurer, derrière ce point et sur la ligne médiane du crâne, une distance de 5 centimètres pour arriver à un point C correspondant à l'extrémité supérieure de la *scissure de Rolando*. Ce procédé est général ; il s'applique tel quel, malgré les différences que les divers crânes présentent d'individu à individu. De fort nombreuses mensurations ont démontré que, à moins de déformations craniennes qui prennent place parmi les anomalies, on n'a jamais eu à augmenter ou à diminuer cette distance de plus de 3 millimètres.

L'extrémité inférieure de la scissure de Rolando se détermine tout aussi aisément. A cet effet, on trace une ligne horizontale longue de 7 centimètres qui, partant de l'angle externe de l'orbite, se porte vers l'arrière. A son point extrême, on mesure une longueur verticale de 3 centimètres et l'on aboutit à l'extrémité inférieure F de la scissure de Rolando. Si l'on réunit alors ces deux points C et F par une ligne continue, il sera désormais possible d'indiquer du doigt sur le crâne du patient les points où siègent les divers centres moteurs. En effet, les divers centres moteurs existent sur la circonvolution frontale ascendante, qui suit le sillon de Rolando dans sa direction oblique et le limite en avant ; et sur la circonvolution pariétale ascendante, parallèle à la précédente, et limitant le sillon de Rolando en arrière. Ce qu'on désigne sous le nom de lobule paracentral ne représente en réalité que les extrémités supérieures réunies de ces deux circonvolutions.

Pour examiner aisément chacun des centres moteurs,

nous diviserons le sujet en quatre propositions, qui seront confirmées par des exemples et des preuves.

1° Vers l'extrémité inférieure de la circonvolution frontale ascendante, à son point de réunion avec la 3e circonvolution frontale qui vient perpendiculairement s'implanter sur elle, se trouve le centre pour les mouvements de la langue (fig. 2 — 1).

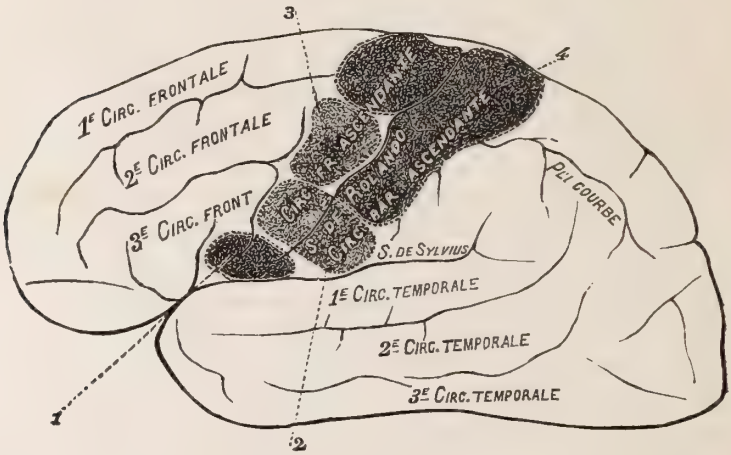

Fig. 2.

Dès l'abord, les expériences pratiquées sur les animaux ont permis certaines inductions que divers faits de pathologie devaient confirmer. C'est ainsi que des mutilations, des destructions partielles faites sur le cerveau du singe, cerveau dont la structure se rapproche de celui de l'homme, amenaient la paralysie de la langue, quand elles n'entamaient que cette région circonscrite. Ces expériences sur les animaux présentaient cependant au niveau de la région motrice linguale des caractères particuliers, qui ne se retrouvent pour aucune autre lésion destructive des centres moteurs.

Si on n'en pratiquait la destruction que sur un seul

hémisphère, il n'en résultait pas de paralysie manifeste, mais seulement une légère faiblesse unilatérale ou hémiparésie des mouvements linguaux. On en a conclu que ces centres exerçaient une action bilatérale. Pour obtenir donc une paralysie complète de la langue il a fallu détruire de chaque côté le centre présumé.

Un grand nombre de faits pathologiques sont venus confirmer ces expériences. Une fracture, un ramollissement, un épanchement hémorragique au niveau de cette région, ont toujours pour conséquence inévitable une paralysie partielle de la langue. Voilà assurément des déductions claires et précises en faveur du centre moteur de la langue chez l'homme. Mais la question peut être plus compliquée. Supposons, en effet, un homme dont le centre moteur de la langue soit contusionné dans l'hémisphère droit. Sans nul doute, nous remarquerons, en vertu de ce que nous avons dit plus haut, une faiblesse, une inertie dans les mouvements de la langue, spécialement marquée dans la moitié gauche de cet organe. Mais que cette même lésion, sans présenter plus d'étendue, frappe le centre moteur de la langue dans l'hémisphère gauche, les conséquences seront bien plus graves. Le patient est devenu aphasique, c'est-à-dire frappé d'un mutisme spécial. Il est muet, non qu'il ait perdu la mémoire des mots (ce serait l'amnésie verbale), ni que les muscles servant à l'articulation des mots soient paralysés; les lèvres, la langue, le voile du palais, peuvent tous se mouvoir. Il a conservé l'intelligence des mots ; mais c'est l'influence de la volonté sur la formation des mots qui fait défaut. Il est dans l'état d'un enfant qui n'a pas encore appris à parler, et qui comprend cependant tous les mots. Cette brusque transition le déroute. Il ne peut accepter son sort à la manière du sourd-muet qui n'a jamais su ce qu'étaient les sons. Il croit savoir les mots, il conçoit une pensée et, au moment où il veut l'exprimer, il se voit condamné au silence. Aussi voyez, comme à chaque effort intellectuel inutile, il s'étonne, se fâche, serre les poings ou fond en larmes.

Comment concevoir que la nature ait créé spécialement un organe pour une faculté qui n'est en réalité qu'un produit de l'art ou de l'état social? On peut comparer l'exercice de la parole à celui de la marche ou de l'équilibration. Il faut que l'enfant découvre les combinaisons d'innervation et de musculation. Plus tard, quand l'art est acquis, les mouvements s'exécutent automatiquement. N'a-t-on pas remarqué que des soldats en route continuaient à marcher au pas quoique profondément endormis? La parole, elle aussi, doit être acquise par l'exercice qui la centralisera comme les facultés de locomotion ou d'équilibration. C'est l'habitude qui déterminera la manière d'être d'une portion distincte des centres nerveux. La nature, dit Spring, a laissé à l'homme libre et perfectible quelques pages en blanc. C'est sur ces pages réservées que l'homme inscrit lui-même les formules de la langue parlée et écrite. Reste à savoir si tous les hommes inscrivent les formules du langage à la même page. Eh bien, non. Les uns (ceux-ci forment la grande majorité) l'inscrivent à gauche, les autres l'inscrivent à droite. — Ainsi, de même qu'il y a des gauchers et des droitiers quant aux mouvements, il y a des gauchers et des droitiers de la parole. Seulement les gauchers de la langue parlée sont de loin les plus nombreux. Sur 608 cas d'aphasie avec hémiplégie, Hammond ne signale que deux cas où la paralysie portait sur le côté gauche du corps et partant affectait la moitié droite du cerveau.

Cela revient à dire qu'il y a tout au moins une activité fonctionnelle plus grande dans l'hémisphère gauche que dans l'hémisphère droit. Gratiolet a trouvé les circonvolutions cérébrales gauches en avance sur celles du côté opposé. Ces circonvolutions étaient plus développées; la couche grise y était plus épaisse, et les cellules nerveuses plus grandes.

Pourquoi tous ces privilèges réservés à l'hémisphère gauche, ce développement plus intense, ces fonctions plus actives, ce centre du langage à lui seul dévolu? Si l'on in-

terroge la physionomie du centre circulatoire et de ses dépendances les plus proches, si l'on examine de quelle façon se détachent de l'aorte les troncs artériels portant la vie au cerveau, on constatera sans peine, qu'en raison de la voie à parcourir, l'apport du sang à gauche sera, dans un temps donné, plus considérable ; d'où nutrition plus active et plus puissante de l'hémisphère de ce côté ou du moins de la partie antérieure de cet hémisphère.

Les cas d'aphasie sont extrêmement nombreux. Citons-en quelques-uns. Voici un malade, le nommé D..., dont M. Grasset décrit les symptômes avec beaucoup de précision.

Un soir, s'étant pris de querelle, il entra dans une violente colère. Au milieu de la discussion, il s'aperçoit qu'il ne peut plus parler. Interrogé le lendemain sur son mal, il commence immédiatement une série d'efforts pour répondre ; mais en vain. Il ne parvient même pas à articuler quelques syllabes, il n'émet que des sons confus et indistincts que l'on ne peut aucunement comprendre. Une ou deux fois seulement, grâce à de très longs efforts, il parvient à prononcer un peu mieux une syllabe que l'on saisit mais qu'il ne peut reproduire. Il a conscience de cette impossibilité d'exprimer sa pensée, et bientôt, au milieu de ses efforts, une vive impatience le prend ; il porte la main à la tête d'un air désespéré, et tâche ainsi de faire comprendre qu'il ne peut pas parler. On lui demande s'il sait écrire ; il fait signe que oui, et il se lève sur son séant pour le faire. Une fois assis en présence du papier et un crayon à la main, il trace d'une main hésitante des traits confus. Il voulait écrire là son nom, et n'y parvient pas. Il a conscience de cette incapacité autant que de la précédente, et bientôt il repousse vivement avec impatience le papier et le crayon qu'on lui avait présentés.

Le langage mimique paraît lui-même atteint quoique à un moindre degré peut-être. Il peut avec la tête faire les signes *oui* ou *non*, mais c'est tout. Quand on lui demande

depuis combien de jours il est malade, il ne peut pas, comme il le fera un peu plus tard, lever deux ou trois doigts de la main. Quand on lui montre plusieurs objets et qu'on lui en demande le nombre, il ne peut pas non plus l'exprimer avec ses doigts. La manifestation de la pensée est donc abolie dans ses trois grands modes : parole, écriture et gestes. Vainement on place devant lui son nom bien écrit, en lui disant de le copier comme un modèle ; il ne peut y parvenir. On ne peut donc pas dire qu'il n'y ait là que des phénomènes d'amnésie.

M. Grasset fait remarquer encore que les organes nécessaires aux manifestations de la pensée ne sont pas paralysés. L'intelligence paraît aussi suffisamment conservée. Le malade montre très clairement qu'il comprend les questions qu'on lui pose. Pendant sa convalescence il déclara que, au temps de son aphasie, il avait une complète liberté d'esprit. Il comprenait très bien ce qu'on lui disait, reconnaissait les objets qu'on lui présentait, mais était dans l'impossibilité absolue de manifester sa pensée d'une manière quelconque. Il reconnut cependant qu'il n'avait pas alors toute sa puissance intellectuelle ordinaire et que, suivant son expression, il n'aurait pas pu concevoir un poème.

Cette observation, très intéressante encore à d'autres titres, est un portrait complet de l'aphasique. Ce portrait toutefois est loin d'avoir toujours le même aspect.

Tel malade éprouve une grande difficulté à prononcer les labiales, tandis qu'il prononce facilement les lettres gutturales.

Un autre, quand on le prie de dire les mots « thé, café, sucre, biscuit » prononce très bien les trois premiers et s'arrête constamment au dernier, comme s'il en avait perdu le souvenir.

Voici un autre fait intéressant rapporté par Winslow : « A la suite d'une attaque de paralysie, une femme avait perdu l'usage de la parole, mais elle pouvait encore exprimer ses désirs par l'écriture ; cependant quand elle écrivait

elle confondait invariablement le non avec le oui, et *vice-versa*. Ecrivait-elle par exemple : « je veux que vous fassiez cela » c'était juste l'inverse qu'elle voulait exprimer. Cette dame, paraît-il, continua à présenter cette singulière anomalie. »

Enfin bon nombre d'aphasiques, en voulant répondre, répètent toujours les mêmes mots ; et bien qu'ils aient conscience de leur erreur, ils sont incapables de la rectifier.

Ces aspects différents ont entraîné des distinctions dans l'aphasie ; il est inutile de nous y arrêter.

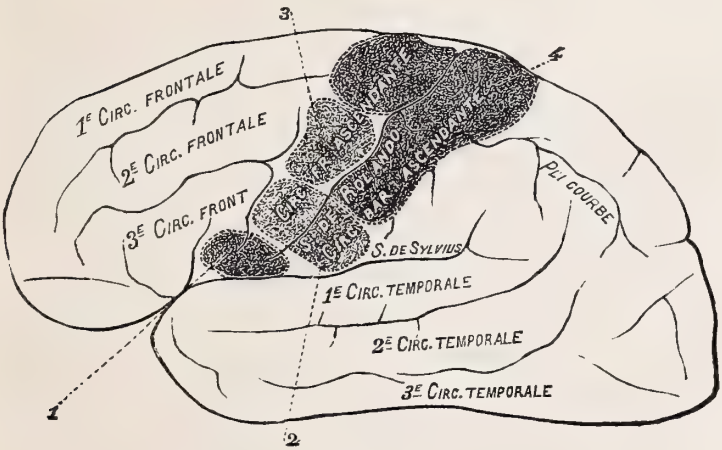

Fig. 2.

2° Le centre pour les mouvements de la partie inférieure de la face occupe l'extrémité inférieure des deux circonvolutions ascendantes (fig. 2 — 2).

Ce centre serait donc établi dans le voisinage du précédent. Comme nous le verrons bientôt, il avoisine également celui qui innerve le bras. De là, la multiplicité des observations où la paralysie de la région faciale inférieure est jointe à la paralysie brachiale, ou à l'aphasie.

Ce sont les méthodes précédemment énumérées qui ont

servi à déterminer ce centre comme tous les autres; et les autopsies sont venues de nouveau confirmer les prévisions.

Ainsi Hitzig rapporte l'histoire d'un soldat français qui, deux mois après avoir reçu une balle du côté droit de la tête, commença à éprouver des spasmes cloniques du côté gauche de la face. Puis survint une paralysie transitoire, mais complète, de ce côté et de la langue. Il y eut des spasmes cloniques de la main gauche. A l'autopsie l'on trouva un abcès dans les régions prévues.

Voici deux autres observations :

Charcot et Pitres : Paralysie faciale inférieure droite, aphasie, parésie partielle des muscles de l'avant-bras et de la main à droite. A gauche, gros noyau hémorragique récent au-dessous de la première circonvolution frontale, au niveau du pied des deuxième et troisième frontales et de la moitié inférieure de la frontale ascendante.

Landouzy : Hémiplégie brachiale légère et hémiplégie faciale inférieure; tuberculose meningée en plaque occupant la partie inférieure du sillon de Rolando, sur la moitié inférieure des deux ascendantes.

3° Le tiers moyen de la circonvolution frontale ascendante renferme le centre pour les mouvements isolés du membre supérieur (avant-bras, et main) — (fig. 2 — 3).

Telle est la version de MM. Charcot et Pitres. Les études de M. Ferrier prétendent compléter cette proposition. Cet auteur assigne au centre des mouvements du membre supérieur une place plus large, la subdivisant elle-même en centre des mouvements d'extension en avant de la main et du bras, centre des mouvements d'adduction et de rétraction, centre des mouvements de flexion et de supination. Le tiers moyen de la pariétale ascendante représenterait le centre des mouvements du poignet et des doigts. Il est difficile d'ajouter pleine confiance à une délimitation aussi exacte; car les centres ne peuvent constituer un point mathématique et, dans des régions aussi

restreintes, il paraît impossible qu'un fait clinique démontre nettement une localisation.

L'espace qu'occupe l'ensemble des centres moteurs du bras est assez vaste. On pouvait s'y attendre, d'après Ferrier, étant donnée l'importance des membres supérieurs comme instruments de la volonté.

Les lésions de voisinage, qui tout à l'heure étaient encombrantes et enlevaient à certaines observations la précision requise, peuvent ici utilement servir cette thèse. C'est ainsi qu'à la paralysie du poignet et des doigts se joint souvent la rétraction de l'angle de la bouche. Or les centres facial et oral se trouvent précisément au voisinage du point assigné au centre moteur de la main et du poignet.

D'autres arguments ne sont pas sans valeur : ainsi on remarque la rétraction de l'angle de la bouche accompagnant tous les efforts vigoureux de la main. Enfin la paralysie isolée du bras est infiniment moins fréquente que la paralysie brachio-faciale.

Un ensemble de faits différents a souvent été invoqué pour la détermination du centre brachial. Du moment qu'un membre, en s'atrophiant, est voué à l'inertie, les nerfs qui l'animaient s'atrophient eux-mêmes jusqu'à leur origine. Cette atrophie est du reste le sort de tout organe qui passe de l'activité à l'impotence.

Tel est le principe sur lequel on se fondait pour faire remarquer qu'à l'amputation d'un bras ou à son absence congéniale correspondait un affaissement du centre cortical qui l'innervait. Mais, outre que le fait est nettement contesté, on a fait observer qu'une dépression de ce centre peut être accidentelle, peut se rencontrer dans un crâne anormal, que la nutrition du centre moteur peut se maintenir malgré la cessation de son activité dans l'innervation des mouvements actuels ou objectifs.

Nous citerons, pour confirmer la troisième proposition, deux exemples fournis par MM. Bourdon et Mahot.

1. Paralysie de l'avant-bras et de la main du côté droit. Point noir de la grosseur d'un grain de chènevis à la partie supérieure de la circonvolution frontale ascendante gauche ; foyer hémorragique récent, contenu en entier dans la substance grise, composé de sang noirâtre et n'occupant pas, tant en largeur qu'en profondeur, une étendue supérieure à 3 millimètres.

2. Monoplégie du membre supérieur droit. Tumeur du volume d'un œuf de pigeon, siégeant au niveau du tiers moyen de la circonvolution frontale ascendante à gauche.

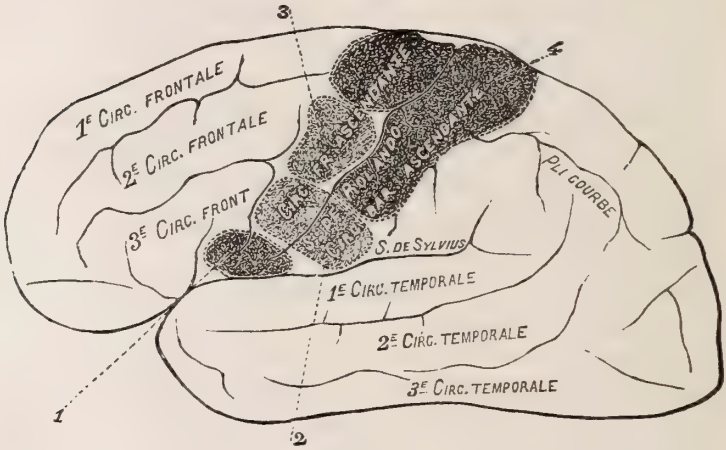

Fig. 2.

4° Le lobule paracentral, le tiers supérieur de la circonvolution frontale ascendante et les deux tiers supérieurs de la circonvolution pariétale ascendante président à la motilité des deux membres du côté opposé du corps (fig. 2 — 4).

Cette proposition a été établie par une série de faits cliniques et expérimentaux. Comme on peut le remarquer, elle manque d'une qualité essentielle : la localisation est trop vague. La région motrice ainsi circonscrite a encore une certaine ampleur, et les centres qu'elle renferme ne sont

ni définis, ni distincts les uns des autres. Les étroites relations des centres du bras et de la jambe suscitent des difficultés. Elles font que, dans la plupart des observations, on rencontre des paralysies simultanées du bras et de la jambe. Pourtant il y a quelques cas où la jambe seule a été paralysée, et d'autres où la jambe et le bras l'ont été simultanément vers la fin, mais où la jambe a été affectée dès le début. Ces dernières observations ont une importance considérable dans la question de l'existence d'un centre distinct pour la jambe et de sa situation exacte. Il semble en résulter que le tiers supérieur de la frontale ascendante et surtout le lobule paracentral innervent le membre inférieur.

Toutefois il convient d'être prudent dans cette conclusion. De l'aveu des plus autorisés, il faut se défier des considérations d'homologie de l'animal à l'homme, et jusqu'ici il y a peu de faits cliniques en faveur d'un ou de plusieurs centres de la jambe, distincts de ceux du bras.

Tous ceux qui ne sont pas étrangers à la médecine ont dû trouver dans les localisations cérébrales récemment formulées, matière à de profonds étonnements.

Quoi ! on enseignait toujours et sans la moindre hésitation qu'un malade, frappé d'apoplexie cérébrale et paralysé de toute une moitié du corps, avait pour le moins un épanchement sanguin dans les masses nerveuses centrales qu'on a coutume de désigner sous le nom de corps strié et de couches optiques ; et voici qu'on peut être paralysé de la même manière quand une hémorragie éclate loin de ces ganglions centraux, beaucoup plus haut, dans des régions périphériques ! Les autopsies anciennes ont-elles donc été vaines , et nos yeux nous trompaient-ils quand nous voyions, à l'autopsie d'un malade frappé d'hémiplégie, des coagulations sanguines répandues dans le corps strié ou les couches optiques ?

Non, il n'y avait pas d'erreur, et la contradiction de

l'heure actuelle n'est qu'apparente. Un genre de paralysie n'exclut pas l'autre. C'est une question de diagnostic qui devait être tranchée sous peine d'ôter toute leur valeur pratique aux localisations corticales. Heureusement ce diagnostic a été nettement posé.

Si l'on considère que la couche grise corticale du cerveau est une agglomération de centres juxtaposés, d'où partent toutes les incitations intelligentes, motrices et sensibles, et qu'immédiatement sous elle se trouvent des amas de fibres nerveuses, ou de fils télégraphiques si l'on veut, destinés à distribuer aux différents organes et vers la périphérie l'incitation première, on comprend aisément qu'une destruction quelconque, une hémorragie, par exemple, peut aboutir au même résultat final, la paralysie.

Il importe peu, à ce point de vue, que cette lésion siège dans le centre cortical lui-même ou qu'elle coupe les fils qui mettent ce centre en relation avec l'organe qu'il innerve.

Cependant les symptômes diffèrent dans leur essence et par la manière dont ils procèdent. Ces différences sont telles que toute confusion est écartée. Supposons qu'une lésion d'un centre cortical moteur, soit, pour la netteté de l'exposition, purement destructive et non irritative. Au début l'hémiplégie ne sera ni complète, ni permanente. Elle sera fractionnée. Elle consistera en une succession de paralysies dissociées, ou monoplégies qui, en s'accumulant, finiront par constituer l'hémiplégie totale. D'autres fois cette dernière sera complète dès le début, mais elle ne tardera pas à se résoudre en monoplégie. Ainsi les paralysies des mouvements volontaires du bras et de la jambe, ou du bras et de la face, ou de la jambe seule, survenant sans trouble de la sensibilité, sans altération de la contractilité électrique ou de la nutrition, doivent être considérées comme résultant des lésions de l'écorce.

Une seconde manifestation de la paralysie corticale est son caractère migrateur et passager, surtout quand elle

est due à une encéphalite superficielle ou à une méningo-encéphalite.

En troisième lieu, même dans les cas de lésion corticale subitè, la perte de conscience est rare, phénomène très compréhensible.

Quatrièmement, il y a des douleurs localisées de la tête. C'est souvent un signe précédant la paralysie. Quand la douleur n'est pas spontanée, on la reconnaît par la percussion exercée au-dessus du siège de la lésion.

Cinquièmement, notons la raideur prévue du membre paralysé et la différence de température entre ce dernier et le membre opposé ; ce sont des symptômes accessoires. Il semble du moins plus rationnel d'a mettre que, dans les paralysies d'origine corticale, la différence de température doive être moins sensible que dans les autres.

Tels sont, en résumé, les caractères d'une lésion d'origine corticale, quand il n'y a pas de symptômes d'irritation. Mais la lésion peut être de nature irritative. Généralement même, elle passe par cette phase avant de devenir destructive.

Ces symptômes d'irritation présentent les caractères spéciaux suivants. Les convulsions participent du caractère du monospasme, et tendent toujours soit à se déplacer, soit à se généraliser. Elles commencent invariablement de la même manière, ne provoquent pas de perte de conscience et sont suivies de paralysie plus ou moins permanente.

Ces convulsions si éminemment passagères soulèvent une question intéressante. Comment une lésion constante produit-elle des effets intermittents ?

Hughlings-Jackson fournit une explication qu'il faut citer, mais que nous avons quelque peine à admettre. D'après cet observateur éminent, la lésion provoque dans les centres une charge à tension élevée, de telle sorte que, dans certaines conditions vitales, ils se déchargent subitement comme par explosion et s'épuisent ainsi pour un temps ; nous ne voyons pas la nécessité d'invoquer cette accumulation

de fluide emmagasiné. Les cellules nerveuses, pour produire une réaction sensible ou une manifestation vitale, n'exigent-elles pas, dans des conditions morbides, une irrigation sanguine insolite et essentiellement stimulante ? Celle-ci survenant, l'appareil nerveux entre en activité et les convulsions éclatent. Une action si intense amène évidemment la paralysie consécutive, ou mieux l'épuisement. Sans doute, la lésion est constante, mais elle n'est pas toujours la même. Elle est sujette, comme toute lésion inflammatoire, à des exacerbations congestives, et partant à des suractivités fonctionnelles.

Passons un instant au lit du malade, et contrôlons par quelques exemples le diagnostic précédent. Nous citerons quelques cas au hasard :

A. Berger. — Homme de 32 ans. Après mal de tête, tout d'un coup convulsions cloniques dans le bras droit avec douleurs et sensation de froid dans le membre. Après chaque attaque, la force de ce bras diminuait. Les convulsions s'étendent davantage, même à la face droite, et font enfin place à une hémiplégie droite. Foyer de ramollissement, gros comme une noisette, dans la frontale ascendante, entouré de plus petits foyers.

Hitzig. — Après un traumatisme, accès subit de convulsions cloniques, principalement dans le domaine du facial gauche.

Les mouvements spasmodiques sont surtout marqués dans les muscles de la commissure labiale, de l'aile du nez et de la paupière, ainsi que dans les muscles de la langue du côté gauche. Abcès de la couche corticale à droite, siégeant dans le tiers inférieur de la circonvolution frontale ascendante, au niveau de la 3me frontale.

Carlo Morelli. — Épilepsie partielle, débutant par le bras droit. Convulsions de trois sortes : 1° localisées au membre supérieur droit ; 2° débutant par là, mais s'étendant à tout le côté droit ; 3° débutant de la même manière, mais se généralisant complètement avec perte de conscience. Au

beau milieu de la pariétale ascendante gauche, tumeur qui s'étend dans le sillon de Rolando, léger ramollissement cérébral autour de la tumeur.

Hughlings-Jackson cite une quantité de cas qui présentent tous la même physionomie : convulsions partielles suivies de paralysie. L'autopsie révèle quelque destruction ou tumeur correspondant au centre cortical présumé.

Si nous avons réduit à quatre propositions l'énumération des centres moteurs corticaux, ce n'est pas qu'on n'en soupçonne d'autres ; mais leur étude est fort imparfaite. Quant aux centres sensitifs et végétatifs dans les couches grises corticales, leur détermination est encore précaire, et l'appui clinique qu'on lui prête est insuffisant. — Nous nous contenterons donc d'indications sommaires.

Les lobes occipitaux et temporo-pariétaux président à la perception des sensations. Si certains faits paraissent limiter à la région de l'hippocampe, ou portion temporale de la circonvolution du corps calleux, les centres qui président à la sensibilité tactile, il est très difficile néanmoins, en ne se plaçant qu'au point de vue clinique, de localiser ces centres.

Le centre de la vision d'après M. Ferrier, serait dans le pli courbe (fig. 2); le centre de l'ouïe serait dans la 1re temporale.

Pour ce qui est du goût et de l'odorat, il faudrait en rechercher le siège cortical dans une partie de la circonvolution de l'hippocampe.

La lésion des centres de l'ouïe ou de la vue, a présenté dans certains cas des manifestations très intéressantes. Des lésions unilatérales de ces centres peuvent produire ce qu'on a appelé une cécité ou une surdité subjective, état que l'on confond aisément avec l'aphasie, tandis qu'il s'en sépare nettement. On l'a justement désigné sous le nom de cécité des mots et surdité des mots. Ces deux termes peuvent se rencontrer conjointement chez le même individu.

Qu'est-ce que la surdité des mots ?

Dans ce cas singulier l'homme peut lire, bien qu'il ne puisse comprendre les mots parlés. Dans la cécité des mots bien qu'il puisse parler et écrire, il ne peut traduire les mots écrits en idées. Qu'on lui répète les mêmes mots de vive voix, il les comprendra facilement.

Dans aucun de ces cas il n'y a insensibilité vraie de l'œil ni de l'oreille. En voici une preuve citée par M. Ferrier. « Après une attaque cérébrale aiguë, impossibilité absolue de lire les mots écrits ou imprimés. Le malade pouvait pourtant écrire correctement sous la dictée, composer et écrire des lettres lorsqu'on l'y aidait un peu. Impossibilité de se rappeler le nom des objets les plus familiers, lorsqu'on les lui montrait. Toutefois il causait d'une façon intelligente, employant un vocabulaire étendu et varié, faisant peu de fautes, mais oubliant de temps à autre les noms des rues, des personnes ou des objets. » De ce fait et d'autres semblables est née cette idée que les centres sensitifs sont également le substratum de la mémoire et de l'idéation sensitive correspondante. C'est ainsi que par déduction nous arriverions à assigner dans le cerveau une place à la mémoire. En effet, quand il y avait lésion du centre auditif, on pouvait remarquer la paralysie de l'idéation auditive ; quand la lésion occupait le centre visuel, il y avait paralysie de l'idéation visuelle, surtout pour les symboles articulés ou leurs équivalents visibles.

Nous pourrions terminer ici l'étude des centres corticaux, si, pour être fidèles à la vérité, nous n'étions forcés de reconnaitre que les localisations ont soulevé les protestations de certains incrédules. La raison en est simple. De pareilles découvertes, toutes minutieuses, exigeaient, pour les bien apprécier, beaucoup de réserve et une étude attentive, dégagée de tout entrainement et de toute idée préconçue. Il n'en a pas toujours été ainsi. Aussi a-t-il fallu, en plus d'un endroit, revenir sur ses pas et avouer des erreurs. Sans vouloir un instant jeter le discrédit sur

les expérimentateurs de laboratoire, il faut cependant reconnaître qu'en concluant toujours de l'animal à l'homme, et en voyant dans l'expérience entreprise, non pas un fait à méditer, mais une confirmation fatale d'une théorie préconçue, ces investigateurs zélés se sont préparé d'amères déceptions. De là, une réaction fâcheuse dont nous trouvions, naguère encore, un écho dans une publication médicale. Après quelques relevés d'autopsies où existaient des lésions corticales jusque-là restées latentes, on concluait que tout était à faire, que nous savions qu'il existait un cerveau en partie sensible, en partie moteur, sans trop savoir où commence l'un, où finit l'autre. Il fallait donc se faire modeste. N'en était-on pas à la science d'il y a cinquante ans ?

Non, pour l'honneur de la science, cela n'est point. Il y a des localisations aujourd'hui acquises, qui n'admettent plus de doute. Elles ont passé par des épreuves décisives. Sans doute on cite des faits qui semblent les combattre ; mais ces observations sont toutes sommaires, hâtives, incomplètes, privées de cette précision scientifique que réclame la cérébroscopie.

Indiquons, en terminant, un résultat pratique de ces études. La thérapeutique a déjà ses armes toutes prêtes, et elle n'attend, pour les appliquer, que le moment où la science des localisations corticales pourra lui indiquer avec assurance la place précise où il convient d'opérer . La trépanation est une opération ancienne qui, de longtemps a fait merveille, mais en se fiant beaucoup au hasard, sauf les cas où un traumatisme du crâne rendait son application fort simple. Mais quand le malade était frappé de quelque destruction corticale problématique, il restait là, sous les yeux des médecins, convulsé, paralytique, lentement mené au tombeau ; et l'engin de sauvetage était dans les mains. Mais où donc l'appliquer ? La boîte cranienne est grande, la lésion est petite, comment la découvrir ? Situation fatale jusqu'ici. N'était-ce pas le cas

du naufragé qui a le port devant lui sans pouvoir y atteindre ? Que de fois jetant un regard anxieux sur cette enveloppe mystérieuse du cerveau, le médecin n'a-t-il pas dû se dire : « Ah, si ce crâne était de verre, si je pouvais un instant y pénétrer, j'irais arracher cette épine, cautériser ce point, limiter cette plaie et je triompherais du mal ! » Eh bien, ce souhait est aujourd'hui en voie de s'accomplir. Bientôt la maison sera de verre. La science y a fait pénétrer son regard ; elle permettra de mettre le doigt sur la cause du mal, et la couronne du trépan la mettra au jour. Cela n'est déjà plus une simple promesse ; cela s'est fait déjà plus d'une fois, et l'on peut compter que la science ne s'arrêtera pas en si beau chemin.

Dr Cuylits.

LES SATELLITES DE MARS

Les planètes se trouvent, à des époques périodiques, tantôt très éloignées de notre terre, tantôt aussi rapprochées que possible, selon qu'elles se trouvent en conjonction ou en opposition, c'est-à-dire, selon qu'elles passent devant nous du même côté que le soleil ou du côté opposé. En outre, les orbites des planètes étant des ellipses, leurs distances à la terre varient à chaque passage. En 1877, lors de son opposition, Mars était à sa plus courte distance de la terre, et par conséquent dans les conditions de visibilité les plus favorables. Ces avantages ne se représentant que tous les quinze ans, on conçoit que tous les observatoires voulurent en profiter.

Le plus heureux dans ce concours fut l'Observatoire naval de Washington aux États-Unis. Il est vrai que depuis 1873 cet observatoire possédait le plus puissant réfracteur du monde entier ; car son unique rival, le grand équatorial de M. Newal en Angleterre n'a que 25 pouces d'ouverture, tandis que celui de Washington en a 26. Construit par Alvan Clark, cet instrument a coûté un peu plus de 250 000 francs, et l'ensemble des constructions

élevées pour lui, en a coûté 70 000. L'objectif, le chef-d'œuvre de Clark, a une distance focale de $9^{m}95$. Il supporte parfaitement le grossissement de 1120 fois, et même de 1300 quand l'atmosphère est bien pure.

C'est avec ce bel instrument que le professeur Asaph Hall entreprit de sonder les alentours de Mars pour y découvrir le satellite hypothétique, auquel il s'obstinait à croire malgré les insuccès de ses illustres devanciers, Herschel, d'Arrest et Lassell. On sait qu'au lieu d'un il en découvrit deux. La nouvelle en fut apportée à l'Europe, le 19 août 1877, par le télégraphe ; elle produisit dans le monde des astronomes une sensation des plus vives. Plusieurs crurent d'abord à une mystification. Le télégramme était ainsi conçu : « Deux satellites de Mars ont été découverts par M. Hall à Washington. Le premier, élongation ouest, 18 août, 11 heures, temps moyen de Washington, distance 80 secondes, période 30 heures. Distance du second 50 secondes. »

Mars cessait donc de présenter une lacune dans la progression du nombre des satellites, à mesure que l'on s'éloigne du soleil. Vénus n'a pas de satellite, la Terre en a un, Mars deux, Jupiter quatre, Saturne huit.

Aujourd'hui que trois années se sont écoulées depuis la découverte de ces deux petits mondes, l'on a déjà recueilli un assez grand nombre d'observations importantes pour qu'il ne soit pas sans intérêt de les résumer et de les discuter dans un travail d'ensemble. Tel est le but de ces pages.

I

Dans une lettre datée du 28 décembre 1877 et adressée à M. Glaisher, M. Hall résumait lui-même ainsi l'historique de sa découverte : « La question de savoir si la planète Mars avait, ou non, un satellite, s'est présentée

bien des fois à mon esprit, mais je n'y ai sérieusement réfléchi qu'au printemps de 1877.

» A cette époque, il survint plusieurs circonstances qui amenèrent avec insistance mes réflexions sur ce sujet.

» La principale d'entre elles a été sans doute la découverte, faite en décembre 1876, d'un point blanc sur le disque de Saturne, qui me fournit le moyen de déterminer la durée de rotation de cette planète, et m'enseigna combien il faut accorder peu de confiance aux citations textuelles des ouvrages. C'est ce qui me disposa à douter de l'assertion si souvent émise, à savoir que Mars n'a pas de satellite. D'autre part, la circonstance favorable de l'opposition de Mars, en 1877, attirait naturellement mon attention. Je recueillis alors dans les ouvrages les renseignements relatifs à la recherche des satellites de cette planète.

» Commençant par les observations de sir William Herschel en 1783, je trouvai, naturellement, une grande quantité d'observations de la planète ; mais, depuis l'époque de W. Herschel, qui paraît avoir cherché les satellites de Mars, il n'a pas été fait de sérieuse recherche, si ce n'est par un astronome, le professeur d'Arrest, de Copenhague. Un rapport sur ce travail a été rédigé par le docteur Klein, dans son *Traité d'astronomie*, vol. 1, p. 140, et un exposé plus complet a été donné par d'Arrest lui-même, dans les *Astronomische Nachrichten*, vol. LXIV, p. 74. Comme d'Arrest était astronome accompli et observateur consciencieux, le fait qu'il n'avait pas trouvé de satellite dans une occasion aussi favorable que l'opposition de Mars en 1862 était de nature à décourager ; mais, en songeant à la puissance et à l'excellence de notre réfracteur, je ne perdis pas tout espoir. La déclinaison australe de la planète à son opposition de 1877 était cependant un obstacle, et les chances paraissaient être plus en faveur du puissant télescope de Melbourne.

» La recherche fut entreprise au commencement du mois

d'août, aussitôt que le mouvement géocentrique de la planète eut rendu plus facile la découverte d'un satellite. Mon attention se porta d'abord sur de petits objets situés à peu de distance de Mars ; mais tous ayant été reconnus comme étoiles fixes, je commençai à examiner la région limitée à la planète, au sein de la zone d'irradiation qui l'environne. J'arrivai à ce résultat en tenant la planète juste en dehors du champ de l'instrument, et tournant la lunette de manière à circuler complètement autour de la planète. Tandis que je me livrais à cette recherche, durant la nuit du 11 août, je découvris un petit objet sur le côté et un peu au nord de la planète, mais je trouvai à peine le temps de fixer sa position, car les brumes de la rivière du Potomac vinrent interrompre le travail. Le ciel resta nuageux pendant plusieurs jours. Je repris cette recherche le 15 août ; mais un orage avec tonnerre, qui éclata à la tombée de la nuit, troubla profondément les conditions atmosphériques, et le disque de Mars devint si instable et si variable, qu'il ne fut plus possible de revoir l'objet que j'avais reconnu si voisin de la planète ; il était presque invisible.

» Le 16 août, l'objet fut encore retrouvé à proximité de la planète, et les observations de cette nuit montrèrent que ce corps participait au déplacement de la planète. Le 18 août, tandis que je suivais et considérais le satellite extérieur, je découvris le satellite intérieur. Les observations faites les 18 et 19 août levèrent tous les doutes à l'égard de ces objets, et leur découverte fut publiquement annoncée par l'amiral Rodgers à la date du 18. Durant quelques jours, le mouvement du satellite intérieur éveilla notre inquiétude. Il semblait se montrer à différents côtés de la planète dans le courant d'une même nuit, et je crus d'abord avoir affaire à deux ou trois satellites intérieurs, parce qu'il me parut très improbable, à ce moment, qu'un satellite effectuât sa révolution autour de sa planète en moins de temps que celle-ci ne tournait sur elle-même. Pour éclaircir ce point, je sui-

vis ce satellite durant les nuits des 20 et 21 août, et reconnus, en effet, que c'était bien un satellite intérieur qui accomplissait sa révolution autour de la planète en un temps inférieur au tiers de celui de la rotation de cette planète, exemple unique dans notre système solaire (1). »

Telles ont été les circonstances de cette mémorable découverte. La perspicacité de l'observateur a dû y être pour beaucoup, et nous allons voir que la puissance extraordinaire de la lunette de Washington ne fut pas son unique supériorité par rapport aux trois astronomes qui, avant lui, cherchèrent autour de Mars. L'équatorial de l'Observatoire de Copenhague dont se servait d'Arrest (mort en 1875), est d'une puissance peu commune et d'une pénétration à peu près égale à celle du grand télescope d'Herschel. On a pu avec cet équatorial observer le satellite extérieur. M. Lassell, qui avait découvert un satellite à Neptune et augmenté d'un nouvel astre le monde de Saturne, était exercé à ce genre de recherche. Il avait acquis la conviction, pendant son séjour à l'île de Malte, de 1852 à 1853, qu'avec son télescope de deux pieds d'ouverture, il ne pourrait découvrir à l'une quelconque des grosses planètes aucun satellite nouveau. Aussi, neuf ans plus tard, il retournait à la même station avec un télescope beaucoup plus puissant, dont l'ouverture était de $1^{m}22$ et la distance focale de $11^{m}40$. C'était en 1862, en l'année même du plus grand rapprochement de Mars, que M. Lassell recommençait, avec deux aides et sous un ciel des plus favorisés, ses belles recherches de nébuleuses et autres corps célestes. Il est bien permis de croire que le télescope colossal fut dirigé sur Mars, et l'on doit alors se demander comment les deux satellites ont échappé à un instrument de cette puissance.

L'on ne saurait assurément inférer de ces observations négatives que les satellites n'existaient pas antérieurement.

(1) V. *Les Mondes* du 12 avril 1878, pag. 600-601.

Dans des recherches aussi délicates l'œil peut facilement être mis en défaut; chacun sait qu'il est beaucoup plus facile de reconnaître de petits détails lorsqu'on est prévenu de leur existence que de les découvrir lorsqu'on est, à leur sujet, dans une complète incertitude. Aussi l'observation du satellite extérieur, le plus facile à voir, a pu être faite dans un bon nombre d'observatoires d'Europe et même avec des instruments d'une puissance relativement médiocre. Avec un télescope de 9,6 pouces de diamètre et un grossissement de 430 fois, M. Paul, assistant à l'Observatoire de Washington, pouvait voir le satellite en même temps que Mars dans le champ de la vision. M. W. Erck, en Irlande, l'a observé avec une lunette de Clark à peu près de même puissance. Le satellite intérieur a pu être observé en Angleterre par M. Maunder et par M. Common.

Cependant l'hypothèse d'une formation nouvelle des deux satellites pouvait venir naturellement à l'esprit. Elle a été mise en avant par M. Boutigny, bien connu du monde savant par ses études, d'il y a une trentaine d'années, sur l'état sphéroïdal des liquides. Il supposait que les deux satellites avaient été lancés au loin par des volcans de la planète, sans prendre garde, ce semble, aux objections très sérieuses inhérentes à une pareille hypothèse. En effet, sans même aller, avec M. Ph. Breton, jusqu'à soutenir (1) que de tels corps ainsi lancés, retomberaient sur la planète dès leur première révolution, on doit au moins convenir que leur orbite devrait être très excentrique, tandis qu'au contraire, les orbites des deux astres observés sont à peu près circulaires. Il faut donc se résigner à admettre, jusqu'à preuve du contraire, que les mystérieux satellites auraient pu être découverts depuis longtemps déjà (2).

(1) *Les Mondes* du 13 déc. 1877, p. 603-606.

(2) Peut-être en supposant les satellites de Mars recouverts de la même matière qui forme la glace de ses calottes polaires, ils pouvaient devenir beaucoup plus difficiles à voir après avoir passé au périhélie, lorsque la glace se serait fondue aux rayons du soleil. En raison de la grande excentricité de

J'ai eu ailleurs occasion de montrer, que, au XVIIe siècle, la question de satellites autour de Mars avait été mise en discussion; Hévélius n'y croyait pas (1) et, vers 1645, Antoine de Rheita, capucin et astronome fort zélé, concluait avec beaucoup de raison la controverse par ces paroles : « Etsi non desint qui Martem quoque suis comitibus seu lateronibus stipatum asserant, potius, ut arbitror, ratione quam experientia ita inducti et instructi (2). » Il a fallu plus de deux siècles pour que l'observation tranchât définitivement la question.

En tout cas, si l'analogie pouvait alors faire prévoir cette découverte, personne assurément n'aurait deviné dans quelles conditions singulières les satellites de Mars devaient accomplir leur révolution. Quelle disparité en effet entre la marche calme et mesurée de l'astre de nos nuits et la course précipitée des deux petites lunes de notre voisin ! Tandis que notre satellite met près d'un mois à parcourir son orbite, le monde de Mars voit une de ses lunes se lever et se coucher jusqu'à trois fois en un jour; pour l'autre, les phases lunaires se renouvellent plus de six fois en cinq jours.

Le premier satellite a reçu le nom de Phobos (la Peur) et le second celui de Deimos (la Terreur), noms empruntés à l'Iliade d'Homère qui représente le dieu Mars descendant sur la Terre, escorté de deux chars conduits par la Terreur et la Peur.

Mars, la chaleur reçue à l'aphélie étant 1, celle du périhélie est 1,45. De plus, il est à remarquer que sur Mars les neiges semblent se former et disparaître avec beaucoup plus de promptitude que sur notre terre.

(1) *Selenographia*, Gedani 1647, in fol., p. 67.

(2) *Oculus Eliæ et Enoch sive Radius sid. mysticus.* Antwerpiæ 1645, in fol., p. 287. Cfr. p. 167.

II

De tous les satellites connus, Phobos est le seul qui circule autour de sa planète plus vite que celle-ci ne tourne autour de son axe. Cette particularité a paru fort étrange à certains astronomes, et ils se sont demandé s'il n'y avait pas là une contradiction flagrante à la théorie cosmogonique de Laplace. On sait que, d'après cette théorie presqu'universellement admise, le soleil, soumis dans les temps primordiaux à une température excessive, s'étendait sous forme de vaste nébuleuse jusqu'aux dernières limites de notre système ; en se contractant par le refroidissement, cette nébuleuse a successivement abandonné, sur sa zone équatoriale, différents anneaux de matière qui ont fini par se briser et se condenser pour former nos diverses planètes. Ce qui s'est passé pour les planètes relativement au soleil a eu lieu aussi pour les satellites à l'égard de leur planète. Or Laplace a formulé cette conclusion : « Tous les corps qui circulent autour d'une planète ayant été, suivant cette hypothèse, formés par les zones que son atmosphère a successivement abandonnées, et son mouvement de rotation étant devenu de plus en plus rapide, *la durée de ce mouvement doit être moindre que celle de la révolution de ces différents corps ;* ce qui a lieu semblablement pour le soleil comparé aux planètes. » Ainsi donc, de l'aveu de Laplace lui-même, aucun satellite ne devrait présenter l'anomalie que nous remarquons dans Phobos.

Il faut dire qu'ici Laplace est bien plus en défaut que sa théorie. Nous allons voir que deux explications bien différentes peuvent rendre raison de cette anomalie, qui, dès lors, ne porte nullement atteinte à l'ensemble du système cosmogonique. L'une d'elles est due à M. Ed. Roche, professeur à la faculté des sciences de Montpellier, auteur d'une suite de travaux remarquables d'analyse mathéma-

tique appliquée à différentes questions cosmologiques. Un premier point, capital dans la théorie de M. Roche, est celui-ci : Outre les zones équatoriales, telles que Laplace les envisageait, le savant professeur de Montpellier a été amené à admettre l'existence d'anneaux secondaires et bien distincts des zones de Laplace. En effet, la portion de la nébuleuse qui devient libre à chaque progrès nouveau du refroidissement provient de toute une nappe fluide qui s'étend jusqu'aux pôles, se déverse de chaque côté et enfin s'écoule au dehors, par la ligne équatoriale comme par une sorte d'ouverture. Il en résulte que, en affluant à l'équateur, une partie de ces nébulosités y arrive avec une vitesse de rotation insuffisante pour continuer à circuler extérieurement. Au lieu donc de se séparer de la nébuleuse, elles rentrent dans son atmosphère, et *si celle-ci est suffisamment raréfiée*, elles peuvent s'y maintenir quelque temps sous formes elliptiques ayant leur aphélie à la limite équatoriale. Celles de ces traînées dont l'exentricité est assez faible se transforment peu à peu, sous l'influence du milieu ambiant, en un système d'anneaux circulaires. Ce premier point explique comment des corps secondaires ont pu se former à des distances beaucoup plus rapprochées que de raison selon la note de Laplace citée tout à l'heure (1).

Un second point des recherches analytiques de M. Roche a été développé en 1849 dans son *Mémoire sur la figure d'une masse fluide soumise à l'attraction d'un point éloigné*. Il intéresse particulièrement la question présente. A une distance de la planète plus petite que deux fois et demie son rayon (2,44 plus exactement) un satellite de même densité, à l'état fluide, ne saurait se maintenir sous forme ellipsoïdale ; il se dissoudrait et se disperserait dans son orbite ; pour un satellite moins dense cette limite serait même un peu plus grande (2).

(1) *Remarques sur les satellites de Mars*, p. 2-3 de l'extrait des *Mém. de la Soc. des sciences arts et agric. de Lille*, t. IV.

(2) J'ai consulté M. Ed. Roche sur ce point, et voici ce que le savant

Ce sont ces deux théorèmes qui ont permis à M. Roche d'expliquer une des particularités les plus intéressantes du système de Saturne, la permanence de ses anneaux à une distance si petite du globe de la planète. L'anneau intérieur tourne, en effet, plus vite que la planète, et il gravite à une distance inférieure à la valeur limite 2,44, ce qui explique pourquoi la matière ne pouvant se réunir pour former un astre globulaire, est restée dispersée sous forme d'anneau. Or, cet ensemble des recherches de M. Roche a trouvé une application toute naturelle dans le mouvement si rapide de Phobos, et partant, dans son rapprochement

professeur a eu la bonté de me répondre, en date du 9 février 1880 : « Le satellite Phobos de Mars est à la distance 2,33, c'est du moins le chiffre que donne l'Annuaire ; mais je n'attache aucune importance à ces déterminations. J'avais trouvé moi-même 2,6. Et il me semble que l'incertitude des données d'observation est telle qu'on ne peut affirmer que cette distance soit inférieure à 2,4. Mais quoi qu'il en soit, admettons 2,33. Vous me demandez quelle densité supérieure à celle de Mars devrait posséder Phobos pour pouvoir exister sous forme elliptique à cette distance inférieure à la limite 2,44 dont j'ai parlé.

» Cette limite 2,44 a été calculée en supposant égales les densités des deux corps, mais mes formules ne supposent nullement cette égalité. Je donne dans mon Essai (page 61) la condition suivante de l'existence du satellite :

$$\frac{a}{r} > 2{,}44 \sqrt[3]{\frac{\delta}{\rho}}$$

a est la distance du satellite, ρ sa densité, r le rayon de la planète, δ sa densité.

Admettant donc $\frac{a}{r} = 2{,}33$, il faut que

$$\frac{\rho}{\delta} = \left(\frac{2{,}44}{2{,}33}\right)^3 = 1{,}148.$$

» Il suffirait donc, la densité de Mars étant 1, que celle du satellite fût 1,15, ce qui n'aurait rien de bien extraordinaire.

» Mais, je le répète, je crois la distance 2,33 un peu trop faible. D'après les observations que j'avais employées, cette distance dépasserait 2,44. S'il en est autrement, ce sera, comme vous le dites, une confirmation de l'hypothèse d'un essaim, que je suis loin de rejeter *à priori*, telle que vous l'exposez. »

excessif de la planète. Il circule à la distance 2,33, valeur, remarquons-le, un peu inférieure à la limite théorique 2,44: en sorte que, d'après cette théorie, il faudrait en conclure que sa densité est un peu supérieure à celle de Mars (1). Je ferai observer à ce sujet que cette densité plus grande vient corroborer une hypothèse proposée en 1871 par M. Amigues et dont j'ai eu moi-même l'occasion d'appuyer la vraisemblance (2). Elle consiste à admettre en définitive que des astéroïdes de dimension beaucoup moindre que Phobos et Deimos, et d'une densité supérieure à celle de Mars, seraient venus tomber sur la région équatoriale et y auraient produit l'aplatissement anormal qu'on y observe.

La production des traînées elliptiques de M. Roche n'a pu donner lieu à des anneaux intérieurs qu'à la faveur d'une raréfaction assez grande au sein de la nébuleuse. Cette condition semble assez difficile à admettre, et l'on trouvera sans doute plus naturelle l'explication suivante de la rapidité du mouvement de Phobos.

Si l'on admet que le milieu dans lequel circule Phobos ne soit pas complètement vide, qu'il soit peuplé de corpuscules, d'astéroïdes de dimensions minimes et circulant, eux aussi, avec des vitesses variées autour de Mars, l'on conçoit facilement que l'orbite du satellite pourra à la longue se modifier et que le grand axe diminuera. D'après une note publiée il y a vingt ans par M. Faye (3), l'influence d'un milieu *circulant* ne modifierait pas la dimension du grand axe de l'orbite ; ceci n'aurait lieu que dans le cas d'un milieu *immobile ;* au bout d'un certain temps, le satellite arriverait à tomber finalement sur l'astre central

(1) *Considérations tendant à faire admettre l'existence d'un anneau d'astéroïdes circulant autour de Mars*, p. 16-17 de l'extrait des *Mém. de la Soc. Éduenne*, Autun, 1877, t. VI.

(2) Cf. *Essai sur la constitution et l'origine du système solaire*, Paris, 1873. in-4° p. 60-62

(3) *Comptes rendus*, 1860, tom. L, p. 68 et suiv. *Sur l'hypothèse d'un milieu résistant.*

en décrivant une spirale de plus en plus resserrée. Or, dans l'hypothèse d'un milieu d'astéroïdes, il est facile de voir que l'on aurait comme une moyenne entre les deux cas géométriques de M. Faye. Tout en étant *circulant*, le milieu pourrait produire à la longue le même effet qu'un milieu *immobile*, attendu que dans cette fourmilière d'astéroïdes venant à se choquer les uns contre les autres et gravitant à des distances variables de la planète, Phobos ne pourrait se mouvoir sans rencontrer une résistance due à la différence de vitesse entre lui et les corpuscules. Il devrait donc se rapprocher de plus en plus de la planète, et telle serait la raison de son rapprochement déjà si extraordinaire (1).

J'ai cherché à appuyer cette manière de voir par deux observations que je fis sur Mars il y a une quinzaine d'années. Je vis à deux reprises une nébulosité rouge sur les côtés équatoriaux de la planète (2). Quelques observations plus anciennes ont déjà été faites dans ce sens, et de tout temps on a remarqué une lueur permanente sur le pourtour du globe de Mars. M. Hall a observé que les deux satellites découverts par lui sont toujours à l'intérieur de cette zone lumineuse.

C'est à cette même influence d'un milieu plus ou moins résistant que le professeur Daniel Kirkwood attribue l'étrange rapprochement de Phobos. Pour terminer ce sujet, je citerai ses paroles : « Quoiqu'il n'y ait pas d'autre satellite dont la période de révolution soit inférieure à la durée de la rotation de la planète, le cas ne peut pas être regardé comme tout à fait unique. Les anneaux de Saturne sont des nuages de planétoïdes secondaires extrêmement petits,

(1) J'ai indiqué, au n° XXII du Mémoire sur l'égalité de rotation et de révolution des satellites du système solaire *(Mém. de l'Académie de Savoie)*, Chambéry 1878, le moyen de reconnaître si le rétrécissement de l'orbite date d'une époque déjà très reculée.

(2) *Comptes rendus* du 10 sept. 1877, n° XI p. 538-539.— Cfr. *Considérations tendant à faire admettre* etc., p. 1 et seq. du tirage à part du *Mém de la Soc. Éduenne.*

qui font leur révolution autour de la planète principale, suivant approximativement la troisième loi de Képler. Les périodes de révolution de ceux qui sont dans l'anneau le plus éloigné, comme celle du satellite extérieur de Mars, sont un peu plus longues que celle de la rotation de la planète. Ceux qui sont près du bord extérieur de l'anneau intérieur brillant, font leur révolution dans le même temps que Saturne, et ceux qui sont au bord intérieur visible de l'anneau sombre, achèvent leur révolution en huit heures environ. « Ces anneaux de Saturne, comme toute matière » cosmique, doivent se transformer graduellement, parce » que, dans le cours de leur mouvement autour de la pla- » nète, il doit y avoir des chocs continuels entre les parties » séparées de la masse. De deux parties qui se heurtent, » l'une peut être accélérée, mais elle sera accélérée aux » dépens de l'autre; celle-ci sort de la route qu'elle suivait, » et elle est graduellement entraînée vers la planète. Par » conséquent il serait possible que ce ne fût pas tant à » cause du perfectionnement des télescopes des dernières » années, mais peut-être simplement par suite de cette » concentration graduelle de l'ensemble du système, qu'on » a observé, à l'intérieur des deux anciens, un nouvel an- » neau de Saturne, qui, d'après son apparence, a été appelé » anneau de crêpe, qui était étroit quand on l'a observé » pour la première fois, mais qui est devenu graduellement » plus large, comme s'il était formé des traînards qui ont » été tirés de leur ligne, et qui tombent graduellement » vers la surface de la planète. » (*Tate's Recent Advances in phys. Sc. p.* 259).

» La manière dont, dans le cas des anneaux de Saturne, la durée de la révolution est devenue moindre que celle de la rotation de la planète, est ici clairement indiquée. Il n'est pas impossible que quelque chose de semblable se soit produit dans la première période du système de Mars. Si l'on ne peut pas donner une explication semblable à celle-ci, la courte période du satellite intérieur sera sans

doute regardée comme un argument contre l'hypothèse nébulaire (1). »

III

L'extrême petitesse des satellites, d'ailleurs toujours noyés dans la zone lumineuse qui entoure Mars, rend la détermination de leur grandeur fort incertaine. M. Wentworth Erck a proposé de déterminer leurs grandeurs apparentes en comparant l'éclat du satellite à une étoile située à la même distance de la planète ; puis, lorsque la planète s'en est éloignée, à déterminer la grandeur de l'étoile. Cette méthode, si elle est la meilleure, laisse encore beaucoup à désirer. On a aussi cherché à déterminer ces grandeurs apparentes d'après les diamètres des différents instruments, réfracteurs et réflecteurs, avec lesquels on commence à les apercevoir. Il suit d'une très belle série de mesures photométriques, faites avec le réfracteur de 15 pouces de Harward College, que le satellite extérieur aurait, d'après le professeur Pickering, un diamètre de 6 milles (soit $9^{km}65$) et le satellite intérieur un diamètre de 7 milles ($11^{km}25$). De plus Deimos est beaucoup moins brillant que Phobos, tout en étant plus facile à voir. Avec la grande lunette de Washington, M. Hall le comparait à une étoile de 12e grandeur. Il cessait de l'apercevoir à moins de 25″ de la planète, tandis que Phobos restait encore perceptible à moins de 8″. Lors de l'opposition de 1877, Deimos a pu être observé dans un bon nombre d'observatoires d'Europe ; mais il fallait le plus souvent cacher la planète en la laissant en dehors du champ de vision. Cependant la nuit du 25 août 1877, qui fut à Washington la plus belle de l'opposition, a permis à M. Hall de mesurer dans le réfracteur de 26 pouces les deux satellites, en même temps que Mars

(1) *Les Mondes*, du 27 déc. 1877, p. 686-687.

brillait dans le champ de la vision. Le 1er octobre, M. Paul, un des assistants de l'Observatoire naval, put faire la même observation avec un télescope de 9,6 pouces de diamètre seulement. La plus petite lunette avec laquelle on ait pu voir Deimos semble être celle de M. Erck en Irlande, dont l'ouverture est de 7 pouces. A partir de novembre 1877, après trois mois environ de visibilité, les satellites devinrent invisibles par l'effet de notre éloignement progressif. Ils ont été revus depuis. Lors de la dernière opposition (12 novembre 1879) diverses observations intéressantes ont été faites. On a pu mettre à l'épreuve les éléments calculés avec les observations précédentes, et voir jusqu'à quel point il y avait concordance. D'après une note de M. Hall, Phobos arriverait 44 minutes avant le temps calculé pour ses élongations; il fixe la durée de révolution à $7^h\ 39^m\ 13^s 996$. Quant à Deimos il arrivait presque exactement à la position calculée (1). Deux observations de ce dernier ont été faites à Paris, le 14 et le 15 novembre 1879, par M. Bigourdan. La différence de déclinaison entre Deimos et le centre de Mars était de 46″,0 tandis que, d'après le mémoire de M. Hall, elle aurait dû être de 41″,9 (2).

On remarquera que Phobos ne satisfait guère à la théorie, ce qui concorde bien avec l'hypothèse d'un milieu résistant dont l'effet naturel serait d'abréger le temps de révolution. Mais cette induction est trop prématurée ; il faut attendre plusieurs années avant de rien conclure ; car il est évident que les chances d'erreurs pour mesurer les positions de Phobos sont beaucoup plus considérables, tant à cause de la difficulté de le voir malgré l'éclat scintillant de Mars, que parce que ses élongations n'offrent pas une aussi grande amplitude aux mesures micrométriques.

Les deux satellites, dont les orbites sont sensiblement

(1) Voir *Les Mondes* du 20 nov. 1879, p. 525.
(2) *Les Mondes* du 4 déc 1879, p. 596.

circulaires se meuvent à très peu près dans un même plan, lequel coïncide à peu près aussi avec le plan de l'équateur de la planète. Dans une note présentée le 8 décembre dernier à l'Académie des sciences de Paris, M. Tisserand a conclu que la coïncidence des plans en question persistera indéfiniment, si l'on admet que la loi des densités dans l'intérieur de Mars est la même que dans l'intérieur de la terre.

Il est encore un résultat important à mentionner, c'est la détermination de la masse de Mars déduite des grands axes des orbites des satellites et des temps de révolution. Avant la découverte, l'on ne pouvait calculer cette masse que par les perturbations que les planètes voisines introduisaient dans son mouvement. La valeur adoptée jusqu'à ce jour et fournie par cette méthode est $\frac{1}{2968200}$. Avant Le Verrier, le chiffre admis était $\frac{1}{2680000}$. En se basant sur les premières observations de Deimos, M. Hall a obtenu $\frac{1}{3054400}$. M. Newcomb a trouvé $\frac{1}{3090000}$.

Voici réunies en un tableau les diverses valeurs numériques concernant les satellites :

	Phobos	Deimos
Temps de révolution	$7^h\ 39^m\ 13^s996$	$30^h\ 17^m\ 54^s$
Distances au centre de Mars, le demi-diamètre de la planète étant 1 . .	2,334	5,830
Mêmes distances en kilomètres . .	6 050^{km}	20 036^{km}
Élongation lors de la plus grande proximité de la terre	34″	85″
Grandeur photométrique	12-13	12
Distance relative à partir de laquelle les satellites disparaissent dans la lumière de Mars	7-8″	25″
Diamètre des satellites	11^{km}25	9^{km}65

Tel est en résumé l'ensemble de ce qui a été observé, pensé et calculé depuis trois ans au sujet de ces deux nouveaux mondes. L'avenir nous révélera sans doute encore

bien des secrets, jetant une nouvelle lumière dans nos connaissances cosmogoniques. Et qui sait si l'on ne découvrira pas un plus grand nombre de satellites ? « Ceux qui sont déjà découverts, dit à ce propos le Rév. T.W.Webb, doivent se ranger parmi les objets les plus merveilleux du système solaire. Leur petitesse en désaccord avec nos idées étroites sur les proportions ; la vitesse de leur révolution, telle que celui qui se trouve le plus à l'intérieur se lève à l'ouest et se couche à l'est, parcourant tout le ciel plus de trois fois pendant un jour de Mars ; la précision de leurs mouvements orbitaires, la fréquence de leur occultation dans des éclipses totales, leur impuissance à influencer au-dessous d'eux quelque liquide ; toutes ces considérations font qu'on peut les appeler des exceptions. Il faut les ranger parmi les plus étonnantes confirmations de ce grand principe d'identité dans les caractères généraux combinée avec la plus grande variété dans les détails, qu'on rencontre dans l'œuvre insondable du Créateur » (1).

Prieuré de Grignon (Côte-d'Or), février 1880.

FR. M. CH. LAMEY
M. B.

(1) *Les Mondes* du 29 janv. 1880, page 210.

UN DISCOURS DE LÉON XIII

Le mouvement inauguré, il y a huit mois, par l'encyclique *Æterni Patris* s'est rapidement propagé dans l'univers catholique. Les adhésions et les remerciements adressés de toute part au souverain pontife lui ont bientôt prouvé que sa parole ne serait pas stérile. Une nouvelle preuve lui en a été donnée le 7 mars dernier, jour de la fête de saint Thomas d'Aquin. Léon XIII a vu ce jour-là, réunis autour de son trône, de nombreux philosophes et savants chrétiens, venus de toutes les parties du monde, lui promettre unanimement, au nom des universités et des académies qui les avaient délégués, un actif concours dans « la restauration de la philosophie chrétienne selon l'esprit du docteur angélique, saint Thomas d'Aquin.»

Cette démarche, si consolante pour lui, si encourageante pour les partisans des études sérieuses, nous a valu une nouvelle instruction pontificale, un magnifique discours dont nous sommes heureux de publier ici le texte original avec la traduction. Cette fois encore, en s'adressant aux philosophes, Léon XIII a daigné dire quelques mots spécialement pour les savants. Ces quelques mots, nous les enre-

gistrons avec bonheur ; car ils forment un magnifique commentaire, non seulement de la devise que notre Société scientifique a empruntée au Concile du Vatican, mais encore des articles les plus importants de nos Statuts. Ils renouvellent donc pour nous les encouragements que le saint-père a voulu nous adresser l'année dernière par sa lettre du 15 janvier (1). Ils nous soutiendront et nous guideront dans la carrière pénible et parfois périlleuse que nous devons fournir. Qu'importent les difficultés et que pourra la malveillance, si, comme gage de la bénédiction divine, nous avons la parole du vicaire de Jésus-Christ!

Cette parole, nous avons eu l'honneur de la recueillir directement dans cette assemblée solennelle; car un de nos membres les plus zélés, M. l'abbé Rachon, y assistait comme délégué de la Société scientifique, et il lui a été donné d'y présenter au souverain pontife, avec nos publications de l'année 1879, l'adresse suivante, signée par le Conseil.

Très Saint Père,

La Société scientifique de Bruxelles, que Votre Sainteté a daigné bénir et encourager l'année dernière, est heureuse et fière de confondre aujourd'hui son hommage religieux et filial avec celui de tous les savants chrétiens. Éclairée par Vos solennelles instructions, elle s'efforcera toujours de montrer « combien les sciences naturelles peuvent recevoir de force, de lumière et de secours de la philosophie scolastique sagement enseignée.»

Daigne Votre Sainteté en agréer le gage dans l'exemplaire, que nous déposons à ses pieds, de nos publications pendant l'année qui vient de s'écouler.

(1) Voir la livraison d'avril 1879, p. 354.

Le souverain pontife fit à cet hommage l'accueil le plus paternel. Voici *textuellement*, d'après une lettre de M. Rachon, la réponse qu'il nous fit :

« Il m'a donné alors sa main à baiser, et aussitôt : — Ah ! la Société de Bruxelles, je l'aime beaucoup. Elle fait beaucoup de bien ; je la connais. — Oui, Très Saint Père, elle vous est profondément reconnaissante. Votre Sainteté a daigné agréer l'hommage de ses premiers travaux, et lui accorder une bénédiction spéciale. — Oui, je la bénis de nouveau. Je l'aime beaucoup ; elle fait beaucoup de bien. Dites-le bien à Bruxelles à votre retour. Oui, mes enfants, continuez, continuez. »

Une bienveillance aussi affectueuse double le prix de ces encouragements. Les sentiments qu'elle éveille et fortifie dans nos cœurs en doubleront l'efficacité. Oui, Très Saint Père, nous continuerons, comme Vous nous le dites, nous continuerons avec ardeur à défendre la vérité sur tous les points du domaine scientifique où elle est attaquée par les ennemis de l'Église.

Les mêmes sentiments animaient tous les hommes distingués qui ont pris part à cette grande manifestation. Nous les trouvons parfaitement exprimés dans le discours que le cardinal Parocchi, archevêque de Bologne, prononça comme président de la réunion préparatoire du 6 mars, au palais Altemps.

« Les annales ecclésiastiques, disait l'éminent l'orateur, garderont à jamais la mémoire de ces jours où une élite de savants se presse autour de la Chaire de Pierre, unis d'abord par la foi, unis aussi par la science. Les années précédentes, les fidèles venaient à Rome apporter leur obole à l'auguste chef de l'Église. Aujourd'hui ce sont les athlètes de la science chrétienne qui viennent y affirmer de nouveau l'accord de la science et de la foi, la légitime liberté de la spéculation et le respect de l'autorité divine. »

Un pareil auditoire était bien préparé à recevoir les

instructions de Léon XIII et à se dévouer à sa grande entreprise. Nos lecteurs habituels sont, pour la plupart, dans les mêmes dispositions. Aussi la publication du discours pontifical est pour nous un devoir, et nous en donnons ici le texte latin tel que l'a publié le journal romain *L'Aurora*. Quant à la traduction française, nous l'avons empruntée aux journaux quotidiens et, après l'avoir légèrement retouchée, nous pouvons en garantir la fidélité.

Pergratus Nobis perque iucundus est conspectus vester, dilecti filii, in omni scientiarum genere praeclari ac nobiles, qui hodierno die, sacro ob memoriam Thomae Aquinatis Doctoris Angelici, laudabili sane consilio huc confluxistis, ut huic Apostolicae Sedi et communi christianorum Parenti ac Magistro obsequium et observantiam praesentes significaretis. — Quae autem vestro omnium nomine sunt ab eximio viro, qui vobis praeest, tam amanter sapienterque dicta, ea animo Nostro non mediocrem consolationem afferunt. Laetandum est enim, et Deo gratiae singulares agendae quod tanta sit praestantissimorum hominum multitudo, quibus suprema lex est doctrinae laudem cum religionis amore coniungere, atque humanitatis artes ita excolere, ut divinam Iesu Christi Ecclesiaeque auctoritatem pari studio venerentur. — Itaque gratulamur sapientiae, gratulamur virtuti vestrae, dilecti filii, qui re ipsa profitemini obedientiam fidei christianae praestitam rationis humanae dignitati nihil obesse, prodesse autem plurimum ; quoniam homines tunc veritatem melius intuentur et securius assequuntur, si mentibus discendi cupidis divina fides, quasi face, praeluxerit.

Quod quidem qui aut infitiantur aut omnino non intelligunt, eos dolendum est in re maxima errare. Multos equidem esse videmus, qui veritates divinitus traditas parvi pendunt, vel prorsus reiiciunt, propterea quod cum effatis humanarum scientiarum ac recentioribus placitis eas com-

poni non posse existimant ; atque ipsam Ecclesiae divinam potestatem acriter adoriuntur, quo l eam iuribus civili societati recens adsertis, principum maiestati et populorum prosperitati inimicam arbitrantur.

Quorum causam errorum si quis paullo diligentius investigaverit, in eo potissimum sitam esse intelliget, quod nostris hisce temporibus, quanto rerum naturalium studia vehementius fervent, tanto magis severiores altioresque disciplinae defloruerint ; quaedam enim fere in oblivione hominum conticescunt ; quaedam remisse leviterque tractantur, et quod indignius est, splendore pristinae dignitatis deleto, pravitate sententiarum et immanibus opinionum portentis inficiuntur. — Hinc in plurimorum mentibus maximarum veritatum lumen quasi restinctum : hinc in privatos homines non solum, sed in ipsas res publicas communis derivata pernicies. Ipsa iuris novi, ut vocant, principia, quae sibi plurimum infesta passim experiuntur civitates, splendidis quibusdam inanis philosophiae mendaciis nituntur. Exemplo sit principatus exlex humanae intelligentiae tributus ; aequata veri falsique iura ; cunctarum religionum par habita ratio ; effrenata libertas seu verius quidlibet audendi potestas, cuius vel in cogitando vel in agendo expertem esse neminem prorsus volunt.

Igitur in tanta perturbatione animorum et confusione rerum, opportunissimum sane remedium homini suppetit in sana solidaque philosophia, si sapienter studioseque excolatur. Hanc enim maxime natam aptamque esse apparet tum deiiciendis erroribus insanienti nostrorum temporum sapientia partis, tum contra stabiliendis firmiter ordinis, aequitatis, iustitiae fundamentis, quibus tranquillitas reipublicae, salus populorum, germana gentium humanitas continentur.

De huius philosophiae instaurandae necessitate, plura, ut nostis, elocuti sumus superiore anno in Litteris Nostris Encyclicis ad universos orbis Episcopos datis.—Quibus etiam ediximus planeque demonstravimus, optimam philosophandi

formam eam esse, quae ingenio studioque sancti Thomae Aquinatis, totius sapientiae veteris opibus conquisitis, ad immortalitatem est elaborata; quaeque per omnes insequentes aetates summam cultoribus suis laudem decusque comparavit, et magnorum per Europam Lyceorum gloriam, omniumque scientiarum incrementa provexit.

At enim, sancti Thomae et Scholasticorum doctrinam in honorem revocantes, retrahere homines velle dicimur ad superiorum saeculorum parum adultam urbanitatem, tamquam Nos maturitatis et perfectionis aevi nostri pigeret. — Quid tandem? Exemplar proponimus in quo quid virtus, quid sapientia possit splendidissime elucet; virum nempe humanis divinisque disciplinis ad plenum imbutum, tot saeculis insigni memoria cultum, Ecclesiae praeconiis Romanorumque Pontificum celebratum oraculis, Angelicis ipsis mentibus exaequatum. — Nonne simili omnino ratione litterarum atque ingenuarum artium studiosis non invidetur, sed inservitur, cum magistri artificesque perveteres, in aliquo genere excellentes, ad imitandum proponuntur?

Quapropter cum vos, solemni hoc die, quaedam a Nobis documenta expostuletis, accipite haec breviter, dilecti filii, haud equidem nova, magni tamen momenti, maximeque opportuna.

Scilicet, fidei christianae ut plurimum debet philosophia, ita opem ferre, quantum potest, maxime studeat. — Huic illa infensa nec fuit unquam, nec esse potest; fidei enim et rationis parens atque auctor Deus sic utramque temperavit, ut societate et quadam cognatione inter se continerentur. — Ex quo factum est, ut in alendis excitandisque scientiarum studiis Ecclesia catholica primas sibi partes semper vindicaverit.

Huiusmodi autem perfecta fidei intelligentiaeque concordia facile nusquam melius apparet, quam in libris a principe philosophorum Thoma Aquinate exaratis. — Date igitur operam, ut ad plures quotidie pertineat tanti ma-

gistri disciplina ; atque in eius pervestigatione doctrinae hanc vobis ipsi legem dicite, ut talem amplectamini sententiam, qualis ex illius admirabili proprietate et perspicuitate sermonis sponte emineat, non qualem praeiudicata aliqua opinio, a communibus et probatioribus aliena, forte suaserit.

Tandem, sancti Thomae Aquinatis et in hoc exemplum secuti, in rerum naturalium consideratione strenue adlaboretis; quo in genere nostrorum temporum ingeniose inventa et utiliter ausa, sicut iure admirantur aequales, sic posteri perpetua commendatione et laude celebrabunt. — In quibus tamen excolendis scientiarum artibus, illorum morem defugite, qui recens reperta ad oppugnandas tum revelatas tum philosophicas veritates prave detorquent ; sed divinae potius providentiae gratiam habete, quod hanc gloriam et quasi palmam nostrae aetatis hominibus reservarit, ut rerum utilium patrimonium a maioribus acceptum, multis in partibus industria sua locupletarent.

Pauca haec, quae pro rei opportunitate leviter placuit attingere, alte in animos vestros inserite, et religiose servate. — Nostis, dilecti filii, Episcopos catholici orbis omnes, una pene voce, testatos esse se consiliis Nostris, sicut in ceteris rebus solent, ita in hac de qua loquimur, nec voluntate nec opera defuturos. Quod si illorum curis ac vigiliis vestra industria studiumque respondeat, in spem certam ingredimur, brevi futurum, ut ab hac restitutione studiorum, quae Nobis est proposita, magna vis influat in communem populorum salutem et in Ecclesiae tranquillitatem.

Ad coepta feliciter perficienda vobis adiumento sit caeleste praesidium ipsius Doctoris Angelici, quem catholicis scientiarum et bonarum artium domiciliis patronum, uti vobis est in optatis, rite dari quam primum curabimus. — Animum denique vobis viresque addat Apostolica benedictio, quam vobis, viri praestantissimi, et magnis Lyceis, Academiis, sacris Seminariis, iisque omnibus, quorum mandato et nomine ad Nostrum pontificale solium adivistis, libenter et peramanter impertimus.

Il nous est très doux et très agréable de vous voir autour de Nous, Fils bien aimés, illustres et éminents en toutes sortes de sciences, qui, en ce jour consacré à la mémoire du docteur angélique Thomas d'Aquin, êtes accourus ici avec un louable empressement, pour témoigner de votre dévouement et de votre vénération envers ce Siège Apostolique et envers le Père et le Maître commun de tous les chrétiens.—Les paroles si affectueuses et si sages que vient de prononcer en votre nom votre digne président ont apporté à Notre cœur une grande consolation. Nous devons, en effet, Nous réjouir et rendre à Dieu de particulières actions de grâces de ce qu'un si grand nombre d'hommes éminents se font une suprême loi d'unir l'éclat de la doctrine avec l'amour de la religion, et de cultiver les sciences humaines en vénérant avec non moins de zèle, la divine autorité de Jésus-Christ et de l'Église. Aussi, Nous vous félicitons de votre sagesse, de votre vertu, Chers Fils, qui professez par le fait que l'obéissance à la foi chrétienne ne porte aucune atteinte à la dignité de la raison humaine, mais la relève au contraire beaucoup; car les hommes voient mieux la vérité et l'atteignent plus sûrement, si leurs esprits, avides de science, sont éclairés par le flambeau de la foi divine.

Ceux qui nient cette vérité ou ne la comprennent pas sont bien à plaindre, car ils errent dans une question de la plus haute importance. Or, ils sont nombreux ceux que Nous voyons faire peu de cas des vérités révélées ou les rejeter entièrement, parce qu'ils s'imaginent qu'elles ne peuvent pas se concilier avec les assertions des sciences humaines et les opinions modernes. Ils attaquent vivement le pouvoir même que l'Église a reçu de Dieu, parce qu'ils le croient contraire aux droits récemment attribués à la société civile, à la majesté des princes et à la prospérité des peuples.

Si l'on s'applique avec quelque soin à rechercher la cause de ces erreurs, on comprend qu'elle réside surtout en ceci, qu'à notre époque, où les études qui ont la nature pour objet sont cultivées avec tant d'ardeur, les sciences

plus abstraites et plus hautes tombent dans un dépérissement d'autant plus profond : les unes sont presque oubliées; d'autres sont traitées avec négligence et légèreté; et, ce qui est plus indigne, dépouillées de l'éclat de leur ancienne dignité, elles sont souillées par des principes pervers et par des opinions monstrueuses. — De là est venue l'extinction presque complète dans beaucoup d'esprits des vérités les plus importantes ; de là un mal général, non seulement pour les particuliers, mais encore pour la société. Les principes mêmes de ce qu'on appelle le droit nouveau, dont plusieurs États apprennent par expérience les funestes effets, s'appuient sur certains mensonges éclatants d'une fausse philosophie ; tels, par exemple, que la souveraineté absolue de la raison humaine ; l'égalité de droits entre la vérité et l'erreur ; l'égalité encore de toutes les religions ; la liberté effrénée, ou plutôt la licence de tout oser en pensée et en action réclamée absolument pour tous les hommes.

C'est pourquoi, au milieu d'une si grande perturbation des esprits et d'une telle confusion des choses, le remède le plus opportun se trouve dans une saine et solide philosophie, sagement et soigneusement cultivée. C'est elle, en effet, qui paraît le plus appropriée et le mieux faite pour repousser les erreurs engendrées par la philosophie insensée de notre époque, et pour assurer fermement, d'autre part, les fondements de l'ordre, de l'équité, de la justice, sur lesquels reposent la tranquillité de l'État, le salut des peuples et la vraie civilisation.

Nous avons longuement parlé, Vous le savez, de cette nécessité de restaurer la philosophie, dans les Lettres Encycliques que Nous avons adressées, l'année dernière, à tous les évêques du monde. Nous y avons enseigné aussi et pleinement démontré que la meilleure méthode de philosophie est celle qui a été élaborée par le génie et les travaux immortels de saint Thomas d'Aquin, qui, enrichie de tous les trésors de la sagesse antique, a valu, dans tous les âges suivants, beaucoup de réputation et d'éclat à ceux

qui l'ont cultivée, en même temps qu'elle a fait la gloire des grands collèges de l'Europe et contribué aux progrès de toutes les sciences.

Mais en Nous voyant remettre en honneur la doctrine de saint Thomas et des scolastiques, on dit que Nous voulons ramener les hommes à la civilisation peu avancée des siècles passés, comme si Nous avions regret de la maturité et de la perfection de notre temps. Que faisons-Nous cependant? Nous proposons un modèle où tout ce que peut la vertu, tout ce que peut la science, brille du plus vif éclat, en la personne d'un homme complètement versé dans toutes les sciences humaines et divines, que tant de siècles ont magnifiquement honoré, que les éloges de l'Église et les jugements des pontifes romains ont célébré, et qui a été comparé aux esprits angéliques eux-mêmes. N'est-on pas utile plutôt que malveillant, en proposant à l'imitation de ceux qui cultivent les lettres et les arts, les maîtres et les artistes anciens qui ont excellé dans quelque genre?

C'est pourquoi, Chers Fils, puisque vous attendez de Nous des enseignements, en ce jour solennel, acceptez ceux que Nous allons vous donner brièvement; sans être nouveaux, ils ont une importance et une opportunité très grandes.

Et d'abord, tout comme la philosophie doit beaucoup à la foi chrétienne, qu'elle s'emploie à lui venir en aide autant qu'elle le peut. La foi n'a jamais été, ni ne saurait être ennemie de la philosophie; car Dieu, auteur et créateur de la foi et de la raison, les a ordonnées de façon qu'elles aient entre elles des liens d'union et une sorte de parenté. Voilà pourquoi l'Église catholique s'est toujours placée au premier rang lorsqu'il s'est agi de soutenir et de favoriser l'étude des sciences.

Or, ce parfait accord de la foi et de l'intelligence ne se montre mieux nulle part que dans les œuvres écrites par le prince des philosophes, Thomas d'Aquin. Efforcez-vous donc d'accroître chaque jour le nombre des esprits qui suivent

la doctrine d'un tel maître; et, dans l'étude de cette doctrine, ayez pour règle d'adopter le sens qui ressort de la propriété et de la clarté admirable des termes, et non point celui qu'une opinion préconçue, différente de l'opinion commune et approuvée, pourrait vous suggérer.

Enfin, suivant aussi en cela l'exemple de saint Thomas d'Aquin, adonnez-vous avec ardeur à l'étude des sciences qui ont la nature pour objet ; en cette matière, les habiles découvertes et les utiles expériences de notre temps font la juste admiration des contemporains et seront le perpétuel objet des éloges de la postérité. — Mais, dans la culture de ces sciences, gardez-vous d'imiter ceux qui abusent criminellement des nouvelles découvertes pour attaquer les vérités tant révélées que philosophiques; rendez grâces plutôt à la divine Providence de ce qu'elle a daigné réserver aux hommes de notre temps cette gloire et, pour ainsi dire, ce privilège d'enrichir sur un grand nombre de points, par leur industrie, le patrimoine des choses utiles légué par nos ancêtres.

Ces quelques conseils, que l'occasion Nous a porté à vous donner, gravez-les profondément dans vos cœurs et conservez-les religieusement. — Vous savez, Chers Fils, que tous les évêques du monde catholique ont, pour ainsi dire d'une seule voix, témoigné que, dans la question dont Nous parlons, ils seconderaient, comme ils ont coutume de faire dans toutes les autres, par la volonté et par les actes, Nos intentions. Que si votre activité et votre dévouement répondent à leurs soins et à leur zèle, Nous avons l'espérance certaine que cette restauration des études que Nous Nous sommes proposée deviendra un puissant élément de salut pour les peuples et de tranquillité pour l'Église.

Dans l'heureux accomplissement de cette entreprise, puisse vous venir en aide le céleste secours du docteur angélique, que, conformément à vos désirs, Nous Nous proposons d'assigner bientôt solennellement comme patron à tous les instituts catholiques de sciences et d'arts. —

Puisse enfin accroître vos forces et votre ardeur la bénédiction apostolique que du fond du cœur Nous vous accordons à vous, hommes éminents, aux Collèges, aux Académies, aux Séminaires et à tous ceux au nom desquels vous vous êtes présentés devant Notre trône pontifical.

BIBLIOGRAPHIE

I

Le pays de Bray, par *A. de Lapparent*. Mémoire pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France. Paris, 1879.

L'ouvrage que M. de Lapparent vient de faire paraître sur le pays de Bray est à citer comme un modèle dans l'art d'exposer la géologie détaillée d'une région restreinte. On y remarque avec une connaissance très étendue de la matière, l'ordre, la clarté, une diction où la simplicité s'allie à l'élégance. On y remarque également que l'auteur a su ménager à chaque partie du sujet les justes développements qu'elle comporte, sans verser dans des détails infinis et sans omettre rien d'essentiel. Ce n'est pas chose si ordinaire dans les mémoires qui ont trait à la géologie de voir ainsi la stratigraphie et la topographie, la paléontologie et la lithologie intervenir tour à tour et dans la mesure qu'il convient, pour aider à résoudre les diverses questions que soulève l'étude du terrain dans une contrée. C'est bien là cependant le point à atteindre pour ces sortes de descriptions, destinées à servir d'explication ou de commentaire aux cartes géologiques, et dont le but principal, en définitive, est de résumer l'histoire physique du sol dans l'état de nos connaissances.

Le pays de Bray est un des accidents les plus remarquables du grand bassin crétacé et tertiaire dont Paris occupe à peu près la partie centrale : c'est une admirable oasis d'herbages ouverte au milieu des plateaux de la Normandie. Déjà au commencement de ce siècle, d'Omalius avait reconnu, dans les excavations naturelles du Bray, des déchirures où étaient mis à jour des systèmes de couches qui sont recouvertes presque partout ailleurs dans le nord de la France par des terrains beaucoup plus récents. Dans le deuxième volume de la *Description de la carte*

géologique de France (pp. 591 - 600), Élie de Beaumont a traité rapidement mais de main de maître de la structure du pays de Bray. Il le compare justement à un *regard naturel*, résultant d'une lacune des couches superficielles, et qui semble ménagé tout exprès pour nous permettre de scruter la nature intérieure du sous-sol. Mais il établit parfaitement en même temps que la simple démolition des couches surincombantes par des agents extérieurs ne suffirait pas pour nous expliquer l'apparition du système jurassique dans l'axe de la déchirure : il pense, en se basant sur les altitudes, qu'il y a eu soulèvement et plissement préalable des couches inférieures par une action interne. Il montre celles-ci se relevant en manière de voûte et sous de fortes inclinaisons dans la coupe transversale passant par Gournay et Songeons. Il détermine les traits généraux et la direction du dôme elliptique formé de couches jurassiques résultant du soulèvement et qui constitue, selon lui, le noyau de tout le système stratigraphique du pays de Bray.

M. de Lapparent a fait de longues excursions dans cette même contrée ; de plus, il a mis à profit les tranchées de deux chemins de fer qui la traversent ; il s'est éclairé, en outre, en consultant les données dont s'est enrichie depuis trente ans la paléontologie stratigraphique du bassin de Paris. Il a pu de cette manière achever l'œuvre ébauchée autrefois par Élie de Beaumont. Son excellent travail, auquel nous ne pouvons consacrer qu'une analyse succincte,est divisé en trois parties dont l'enchaînement logique se saisit au premier coup d'œil. Il comprend en premier lieu la description physique du pays de Bray ; la description des formations géologiques qu'on y rencontre vient ensuite ; enfin l'auteur termine par l'étude détaillée du soulèvement.

Dans la première partie, après avoir dépeint avec une précision élégante les caractères du paysage, M. de Lapparent décrit les profils, la configuration géométrique du pays de Bray, les zones variées de cultures qui s'en partagent la surface, il signale les raisons d'ensemble qui, abstraction faite de toute étude de détail et de toute mesure d'inclinaison de couches, avertissent le connaisseur qu'il n'a pas affaire ici à une de ces vallées d'érosion comme on en rencontre habituellement dans les pays de plaines ou de plateaux peu élevés, mais bien à un accident topographique dont les traits se rattachent avant tout aux actions internes.Dans cette analyse du relief faite avec une précision toute géométrique, on reconnaît bien l'ancien élève de l'École des mines de Paris et le disciple d'Élie de Beaumont, de celui qui, comme l'a montré Ch. Sainte-Claire Deville (1) a donné de si beaux exemples du point de vue autoptique

(1) Ch. Sainte-Claire Deville. *Coup d'œil historique sur la géologie et sur les travaux d'Élie de Beaumont* (XIVe leçon).

en géologie, dans ses descriptions célèbres de l'Ardenne, des Vosges, de l'Esterel, du mont Etna.

Dans la deuxième section de son ouvrage, M. de Lapparent décrit toutes les formations qui affleurent dans le pays de Bray en suivant l'ordre chronologique, c'est-à-dire en commençant par les plus anciennes. Élie de Beaumont y avait déja distingué les étages kimméridien et portlandien du terrain jurassique, et avait indiqué la série stratigraphique des couches qui les constituent à la coupe entre Gerberoy et Gournay. Quant au terrain crétacé, il l'avait partagé simplement en inférieur et supérieur. M. de Lapparent se livre à une étude beaucoup plus approfondie dans son analyse des couches ; il se règle à cet égard sur les exigences devenues très grandes de la stratigraphie, et il étend cette étude développée aux subdivisions du crétacé et du tertiaire aussi bien qu'au jurassique. L'auteur s'attache à distinguer les assises à caractères nets et constants qui fournissent des horizons reconnaissables. Il indique en même temps les divers endroits de la contrée où l'on peut en constater la présence, les variations de leur puissance, leurs limites probables, et fournit, chemin faisant, des indications sur leur usage et leur action sur le sol cultivable. Il nous semble que ces renseignements sont assez précis et en nombre suffisant pour que l'on puisse s'orienter assez facilement en général sur l'horizon géologique exact où l'on se trouve dans les localités de Bray ; or c'est là un des résultats essentiels de la géologie détaillée. Cela a dû exiger beaucoup de recherches, semble-t-il, et en particulier dans la série argilo-sableuse des couches néocomiennes. Ajoutons que l'auteur, tout en appliquant à son anatomie du sol , les subdivisions qui reposent sur l'examen minutieux des fossiles, se garde des longues énumérations d'espèces. Il ne mentionne que les fossiles caractéristiques et renvoie, pour de plus amples détails, aux listes complètes qui accompagnent l'ouvrage autrefois publié par M. Graves (1). Dans cette déchirure ou cette « boutonnière elliptique » du pays de Bray, dont le petit axe a une quinzaine de kilomètres au plus et le grand axe une centaine de kilomètres de longueur, M. de Lapparent a distingué les étages suivants : dépôts meubles sur les pentes, alluvions modernes et tourbes ; alluvions anciennes ; limon des plateaux et des terrasses ; argiles à silex ; sables et grès de l'argile plastique ; sables de Bracheux ; la craie noduleuse à *micraster breviporus ;* la craie marneuse ; la craie glauconieuse ; la glauconie crayeuse; la gaize à *Ammonites inflatus ;* le gault ; les sables verts ; les argiles aptiennes à *Ostrea Aquila ;* la glaise panachée du néocomien inférieur ; les grès ferrugineux et les argiles à poteries du néocomien moyen ; les

(1) *Essai sur la topographie géognostique du département de l'Oise.* Beauvais, 1847.

sables blancs et les argiles réfractaires du néocomien inférieur, parmi lesquelles quelques assises renfermant des débris de fougères font retrouver des analogues de l'argile du Weald. En dessous des précédents affleurent successivement les grès et sables du portlandien supérieur ; les marnes bleues du portlandien moyen; les calcaires quartzeux ou marneux à *Ostrea bruntrutana* du portlandien inférieur ; enfin les calcaires, argiles et lumachelles à Gryphées virgules de l'étage kimméridien.

Remarquons en passant que les sables blancs purs et les argiles réfractaires en amas et en couches plus ou moins irrégulières et qui constituent la division la plus basse décrite par M. de Lapparent dans le système néocomien du Bray, font penser aux sables et aux argiles très analogues qui sont à la base de toute la série crétacée dans le Hainaut belge. L'auteur les rapproche du Weald anglais par les plantes. Depuis la découverte des Iguanodons de Bernissart, la correspondance d'une partie au moins des couches aachéniennes du Hainaut avec le véritable Weald est démontrée. On peut admettre d'après cela, que les formations argilo-sableuses, terrestres ou lacustres qui surmontent les assises portlandiennes dans le pays de Bray répondent exactement aux assises de même composition minéralogique qui surmontent immédiatement le terrain carbonifère dans le Hainaut. Quant à l'origine hydrothermale que M. de Lapparent, à la suite de plusieurs autres géologues, propose pour les sables et les argiles constitués à la façon des gisements du Bray, elle nous paraît fort douteuse et invraisemblable.

La troisième partie qui traite du soulèvement, et où il s'agissait d'épier attentivement la disposition des couches de manière à se rendre un compte exact de leur allure et de découvrir les causes immédiates probables et l'époque de leur dérangement, a été traitée par M. de Lapparent avec beaucoup de soin et de pénétration. Il commence par relever un certain nombre de profils qu'il reproduit par des diagrammes à l'échelle. L'étude détaillée de la série stratigraphique ayant fourni les chiffres des épaisseurs en même temps que des points de repère précis, l'auteur combine ces données avec les altitudes consignées sur la carte de l'état-major, et il parvient ainsi à retracer avec beaucoup d'approximation la marche générale de l'inclinaison des couches, dans une région couverte d'herbages et de cultures, et dont les roches, le plus souvent à l'état meuble, ne favorisent pas la conservation des escarpements. M. de Lapparent démontre ainsi le caractère fortement dissymétrique du ridement du Bray. Il le rattache non pas à un soulèvement à proprement parler, comme l'admettait Élie de Beaumont, mais à un refoulement latéral, à une impulsion énergique mais oblique, agissant de la Normandie vers la Picardie. Au surplus, l'observation prouve que cette dissymétrie des plissements, conséquence de la poussée transversale qui les produit

à la surface du globe, est un fait à peu près général dans les grands accidents des couches : et M. de Lapparent, ici même, a fait ressortir ce caractère avec beaucoup de clarté (1).

Le pli anticlinal du Bray, très brusque sur une portion de son parcours, a entraîné la rupture des couches. De là une ou plusieurs failles avec rejet, dont Élie de Beaumont avait déjà soupçonné l'existence et dont M. de Lapparent fait reconnaître la trace à la surface du sol sous la forme d'un sillon très allongé du N. O. au S. E Il constate également la dissymétrie de cet axe anticlinal suivant sa longueur, et il en conclut, pour la structure du sol, une complication plus grande qu'on ne serait tenté de le croire à première vue. D'après M. de Lapparent, le grand refoulement de terrain dont il a été question et qui, étant combiné avec les résultats postérieurs de la dénudation, a déterminé la configuration générale du Bray, laisse inexpliquées certaines disparités des coupes transversales relevées le long de l'axe, de même que l'existence de plusieurs fractures fortement marquées et où coulent quelques rivières. Il se peut que ces circonstances dépendent de quelques accidents stratigraphiques antérieurs plus ou moins voilés par la révolution principale survenue plus tard, mais qui ont mêlé leur influence à la sienne. Afin de surprendre plus directement la zone d'action et l'alignement de ces accidents plus anciens, M. de Lapparent replace par la pensée sur les terrains actuellement subsistants les couches supposées non dénudées de l'argile portlandienne et de la craie glauconieuse inférieure : il cherche les courbes de niveau successives que ces deux formations atteindraient sur les flancs du dôme elliptique du Haut-Bray, si ce dôme était resté intact : les influences étrangères au refoulement principal du S. O. au N. E., devant s'accuser plus clairement, avant que les démolitions atmosphériques n'eussent compliqué et voilé les phénomènes.

Mais pour aboutir à un résultat sérieux par cette méthode de reconstitution des couches, il fallait non seulement choisir des couches bien caractérisées, mais noter exactement les altitudes précises de leurs affleurements actuels sur un grand nombre de points. C'est la base indispensable de l'opération. Or, la carte de France au 80 000e qui, si l'on tient compte de la date de l'exécution et de l'ensemble, est le plus remarquable monument topographique que l'on possède, n'exprime le relief du sol que par des hachures suivant la pente qui laissent planer plus ou moins d'incertitude sur l'altitude absolue des régions où cette dernière donnée n'est pas consignée par des chiffres. Nous avons sous les yeux la feuille de Neufchâtel ; elle comprend la majeure partie de la région du Bray. La gravure est d'une finesse d'exécution qui ne laisse

(1) Revue des questions scientifiques, t. VI. *L'origine des inégalités de la surface du globe.*

rien à désirer, cependant nous comprenons qu'elle n'ait pu suffire au travail minutieux entrepris par M. de Lapparent sur l'allure des couches. Aussi l'auteur déclare qu'il n'a pas hésité à entreprendre lui-même le nivellement de toute la surface du Bray. Il a remonté la plupart des chemins en pente en tenant à la hauteur de l'œil un petit niveau d'eau portatif. En remontant chacun de ces chemins, il fixait, dit-il, le point où il convient de venir poser le pied pour s'élever de la quantité, constante pour un même observateur, qui représente la distance verticale de l'œil au talon (1). Par cette méthode il a obtenu toutes les cotes d'altitude à un ou deux mètres près. Muni de ces données et de celles qu'il avait recueillies dans les profils cotés des routes et des lignes de chemins de fer, il a pu retracer avec beaucoup de probabilité les courbes de niveau des deux assises jurassique et crétacée qu'il avait choisies. Il les a reproduites sur deux épures accompagnant son mémoire. En jetant les yeux sur ces deux planches, on reconnaît entre autres particularités, que toute la série des courbes de niveau équidistantes représentant le relèvement primitif de l'argile portlandienne et de la glauconie cénomanienne, affecte certaines inflexions dans quelques directions spéciales qui sont très différentes de la direction du plissement principal du pays de Bray. D'autre part, ces inflexions répondent soit à quelques alignements bien accentués des vallées ou des rivières, soit à des modifications dans la composition même de la série stratigraphique des couches, soit enfin à certaine déviation et à quelques rejets subis par l'arête de redressement. L'étude de ces divers accidents de terrain, permet de poursuivre jusqu'à des distances considérables du Bray la trace prolongée des mouvements qui lui ont imprimé la structure qu'il possède ; elle conduit également à préciser l'âge de ces révolutions.

M. de Lapparent, à la suite d'une discussion savante, établit que la

(1) Remarquons par cet exemple l'utilité, pour la construction des cartes géologiques à grande échelle, d'un canevas topographique fournissant toutes les altitudes nécessaires. Un document de ce genre est très précieux pour reconnaître exactement l'allure des couches au milieu du dédale des accidents de la surface ; il l'est pour déduire des limites d'affleurement les variations dans la puissance des assises ; enfin dans les contrées à couches à peu près horizontales, c'est un point de repère géognostique perpétuel et qui fait gagner beaucoup de temps. Les géologues belges ont cet avantage de disposer d'une carte topographique à l'échelle du 20 000e, et où les altitudes sont exprimées par des courbes équidistantes de 1 mètre au moins et de 5 mètres au plus : ce qui est très suffisant dans la très grande majorité des cas. Nous pensons que l'œuvre géologique nationale entreprise par le gouvernement belge sera moins laborieuse grâce à la carte du dépôt de la guerre.

compression latérale accompagnée de plissement et de dislocation qui a donné naissance au pays de Bray, se retrouve dans une série d'accidents parallèles qui ont affecté une grande partie du nord de la France, du bassin de l'Oise et même des environs de Reims au Perche et à l'Artois, dans une direction voisine de 130° (E. 40° S). Les ondulations si bien marquées du terrain crétacé sur les parois des falaises de la Normandie et du Boulonnais sont une dépendance du même phénomène. Il en est de même de la fracture de la vallée de la Seine. D'autres alignements stratigraphiques constatés dans le Bray se répètent également dans le grand bassin crétacé et tertiaire de Paris. La distinction des étages affectés ou non affectés par le grand plissement du pays de Bray lui assigne comme date géologique la fin de l'époque éocène, entre la période du calcaire de Saint-Ouen et celle du gypse. On le sait, c'est un moment des plus importants dans l'histoire de l'Europe tertiaire. Alors les sédiments tertiaires oligocènes commencèrent à se déposer sur les vastes surfaces du nord de l'Allemagne. Alors s'effectua le principal soulèvement des Pyrénées, dont la date géologique est semblable à celle du ridement du Bray. Il est vrai que l'alignement des Pyrénées (105°) s'écarte de celui du Bray (130°) d'une valeur angulaire de 25°. Mais M. de Lapparent interprétant largement, et selon nous avec pleine raison, le principe du parallélisme des accidents stratigraphiques qui sont contemporains, n'hésite pas à dire que les directions produites par un même soulèvement sont comprises dans des limites beaucoup moins étroites que celles où l'on croyait autrefois devoir les renfermer.

Terminons cette analyse. Le mémoire de M. de Lapparent fait ressortir avec tant d'attrait et d'instruction l'intérêt multiple que le pays de Bray offre au géologue, qu'après avoir lu ce mémoire l'envie prend de le mettre sous le bras et de partir immédiatement pour le Bray.

Ch. de la Vallée Poussin.

II

Les volcans *et les tremblements de terre*, par K. Fuchs, professeur à l'Université de Heidelberg. — Un vol. in-12 de vii-280 pages, XXIe de la Bibliothèque scientifique internationale. Paris, Germer Baillière.

L'ouvrage dont on vient de lire le titre est, croyons-nous, le seul traité spécial et complet sur la matière qui ait paru jusqu'ici, en tant du moins que traité vraiment didactique et envisageant scientifiquement son objet. Un livre sur le même sujet avait bien été publié antérieure-

ment et sous un titre semblable dans la *Bibliothèque des Merveilles* de la maison Hachette (1). Mais écrit plutôt au point de vue de la science amusante que de la science technique, ce dernier ouvrage, déjà un peu ancien puisqu'il remonte à une douzaine d'années, s'applique davantage à décrire les phénomènes par leur aspect pittoresque et à en donner l'historique, qu'à chercher à pénétrer le secret des lois suivant lesquelles ils se produisent. Loin de nous la pensée d'en diminuer ainsi le mérite ; pour le but que ses auteurs se proposaient d'atteindre, ce petit livre le remplit de la manière la plus satisfaisante : il est clair, facile et agréable à lire et particulièrement à la portée de la classe de lecteurs à laquelle il s'adresse plus spécialement, c'est-à-dire de la jeunesse (2).

Plus austère dans sa forme, moins attrayant peut-être au premier abord, l'ouvrage du professeur de Heidelberg, bien qu'écrit aussi pour les gens du monde, est plus scientifique dans sa forme et dans sa substance, encore qu'il laisse de côté les volcans lunaires dont s'occupent MM. Zurcher et Margollé, plus savant et plus complet. Il comprend quatre divisions essentielles, suivies d'une cinquième qui consiste dans une énumération géographique et descriptive de tous les volcans, actifs ou éteints, disséminés sur la surface de notre globe. Les quatre divisions précédentes se rapportent, la première aux *Volcans* proprement dits, la seconde aux *Tremblements de terre*, la troisième aux Salses ou *Volcans boueux*, la quatrième enfin aux *Geysers*. La cinquième partie, que nous avons mentionnée d'abord, semblerait devoir se confondre avec la première ; mais pour ne pas embarrasser la marche de son exposition, l'auteur a préféré se borner à citer, dans son premier livre, les exemples les plus saillants de phénomènes volcaniques, en entrant dans tous les détails descriptifs nécessaires à ses démonstrations, et rejeter en un livre spécial, appendice obligé de son travail, l'énumération succincte mais générale de tous les volcans existants.

Le plan de l'auteur, dans chacun de ses quatre premiers livres, est celui-ci : exposer d'abord les faits, les décrire sous tous leurs aspects,

(1) *Volcans et tremblements de terre* par Zurcher et Margollé, 1 vol. in-18 jésus. — 1868. Paris, Hachette.

(2) Il faudrait y joindre la quatrième partie du tome 1er (*Les Continents*) du grand ouvrage de M. Élisée Reclus, *La Terre*, en deux forts in-4°, publiés en 1868 et 1869, Paris, Hachette. Cette quatrième partie intitulée *Les forces souterraines*, traite les mêmes questions que M. Fuchs, mais à un point de vue moins didactique, plus pittoresque et également moins nouveau puisqu'il le précède de 10 à 11 ans.

Enfin M. Albert Dupaigne a aussi abordé le même sujet, mais d'une manière plus abrégée, dans son élégant in-8° intitulé *Les Montagnes*, publié en 1873 à Tours, librairie Mame.

dans toutes leurs phases, puis les relier par une théorie, ou tout au moins en donner l'explication la plus plausible qui se dégage de leur ensemble.

I. — Ce plan se dessine surtout dans le livre premier, de beaucoup le plus considérable des quatre. Il y est d'abord parlé de la structure générale, de la forme et de la configuration des volcans avec l'altitude et, ce qui est plus important, la hauteur au-dessus de leur base, des plus connus d'entre eux : à l'appui des indications relatives à la structure et à la configuration des volcans en général, il y est donné la description accompagnée du plan ou de la vue en perspective de quelques-uns des plus caractéristiques : Orizaba, Aréquipa, Vésuve, île de Barren dans le golfe du Bengale, etc. La distribution géographique de l'ensemble des montagnes ignivomes offre l'occasion de remarques fort curieuses que l'auteur n'a fait qu'effleurer et sur lesquelles nous reviendrons. Le nombre total de ces montagnes, si l'on ne considère que les volcans en activité et abstraction faite des simples solfatares, est aujourd'hui de 323. L'ensemble des phénomènes constituant les caractères de l'activité volcanique proprement dite est l'objet d'un chapitre important : l'auteur y a condensé les faits les plus marquants observés sur les volcans principaux, en prenant pour point de comparaison le Stromboli, cette île-volcan située au nord de la Sicile, et dont l'activité perpétuelle et comparativement régulière offre des facilités spéciales à l'étude de cet ordre de phénomènes. Il en est un toutefois que le Stromboli, probablement en raison même de son activité ininterrompue, ne produit pas ; c'est celui des éruptions. Mais on a, sur les éruptions d'un grand nombre d'autres centres volcaniques, notamment sur celles du Vésuve, de l'Ékla en Islande, de l'Etna en Sicile, etc. des données abondantes et précises qui ont permis à M. Fuchs de leur consacrer un chapitre à part. La fumée, les cendres, la colonne de feu, l'orage volcanique, les torrents de boue, les épanchements de lave, les projections de scories, de pierres ponces, de *rapilli* ou mieux *lapilli*, les produits gazeux des éruptions et leurs actions chimiques, sont autant d'effets particuliers de l'activité volcanique qui demandaient à être étudiés séparément : aussi sont-ils l'objet d'exposés fort lucides et suffisamment complets.

La détermination de *l'âge* des volcans offre un intérêt particulier. Les volcans éteints sont nécessairement compris dans cette étude, car c'est surtout leur exploration géologique qui a fourni une base à cette détermination. Les plus anciens remontent aux âges tertiaires et sont représentés par des dômes trachytiques et des cônes de basalte ; ils sont éteints pour la plupart. Cependant l'Etna et l'île d'Ischia, toujours en activité, paraissent remonter à des époques reculées. Parmi les autres volcans actifs, les plus nombreux ont leur origine soit dans les temps quaternaires, soit au début de la période géologique actuelle, aux épo-

ques préhistoriques en tout cas, et quelques-uns appartiennent aux temps historiques. Parmi les plus célèbres, citons le Méthana en Grèce décrit par Strabon comme ayant produit la première manifestation en 375 avant Jésus-Christ; le Volcanello dans le groupe du Lipari, vers l'an 200 avant Jésus-Christ (éteint depuis le XVIe siècle) ; le Tsin-Muru, petite île voisine de la Corée, en 1007 après Jésus-Christ; Monte-Nuovo, non loin de Naples, en 1538 ; le Jorullo (Mexique) en 1759 ; enfin le groupe des îles Santorin dans l'archipel des Cyclades, dont la première éruption remonte à l'an 198 avant Jésus-Christ, tandis que la plus récente eut lieu ces dernières années, de 1866 à 1870.

Muni de tous ces faits et de toutes les connaissances dont on vient d'esquisser le tableau, il est possible d'édifier la théorie des volcans. L'auteur qui paraît adopter les idées émises sur le même sujet par l'éminent géologue, Ch. Sainte-Claire Deville, voit la cause des éruptions volcaniques dans la lutte qui s'établit entre les vapeurs d'eau contenues dans le foyer souterrain et les masses de lave qui leur barrent le passage. Mais ces vapeurs d'où viennent-elles ? Elles proviennent, par infiltration, de l'océan : en effet, la plupart des volcans qui ne sont pas situés en pleine mer sont sur le littoral ou à faible distance relative. Ceux qui se trouvent, et c'est la rare exception, tout à fait dans l'intérieur des terres, ne sont pas éloignés de quelque lac ou amas d'eau quelconque. Quant aux volcans éteints, tels que ceux de l'Auvergne, de l'Eifel, etc. la géologie nous apprend qu'ils ont été, aux temps de leur activité, voisins des mers ou des lacs tertiaires ou quaternaires.

Tel est le principe de la théorie très plausible du professeur Fuchs sur les détails de laquelle nous n'avons d'ailleurs pas le loisir de nous étendre.

II. — Personne n'ignore ce qu'est un tremblement de terre, cette secousse ou cet ébranlement du sol qui a son siège dans la surface de celui-ci. Mais si chacun en connaît vaguement l'effet immédiat et les effets seconds qui se traduisent quelquefois par les plus épouvantables désastres, il est beaucoup plus difficile d'en préciser la nature et d'en déterminer la cause. On a pu cependant ou cru pouvoir les classer, quant à leurs modes d'action, en trois catégories : mouvements de succussion, ondulatoires et rotatoires ; et l'on a même inventé et construit des instruments ingénieux permettant de mesurer l'étendue et l'intensité de ces phénomènes. Si l'on cherche à se rendre compte de la distribution géographique des régions fréquemment sujettes aux tremblements de terre et du mode d'extension de ces derniers, on arrive à reconnaître que les régions où existent les volcans en activité sont les mêmes que celles où les tremblements de terre ont lieu souvent ; tandis que, dans les pays ou toute activité volcanique fait défaut, soit parce qu'elle n'y a jamais existé, soit parce qu'elle y est éteinte depuis de longues suites de siècles, les tremblements de

terre ne se manifestent jamais qu'à l'état d'exception peu fréquente, et généralement — hors quelques cas aussi rares heureusement que célèbres et calamiteux — d'une manière peu violente, souvent même à peine sensible. Sans suivre ici l'auteur dans ses développements historiques ni dans les descriptions émouvantes qu'il donne des effets variés qui accompagnent et suivent ces redoutables phénomènes soit sur terre, soit sur mer — car il y a aussi des tremblements de mer ordinairement corrélatifs à ceux de terre, — nous attirerons l'attention sur les chapitres réservés à expliquer la cause, ou plutôt les causes, de ces commotions du sol. Ces causes sont de deux ordres et permettent de classer les secousses produites sur certains points de la surface du globe en deux groupes: tremblements de terre *volcaniques*, tremblements de terre *non-volcaniques ;* les premiers ne seraient que le contre-coup plus prononcé à certains moments de l'activité des volcans, ce sont les plus fréquents et les plus nombreux ; les seconds proviendraient de faits purement mécaniques accomplis à faible distance souterraine de la surface du sol, tels que glissements de certaines couches, effondrements ou changements dans l'assiette de certaines roches entraînant dans leurs mouvements le sol qu'elles supportent, étant admis ce principe que « tout ce qui peut donner naissance à de tels changements peut aussi provoquer des tremblements de terre.»

III. — Les salses ou volcans de boue offrent, à la nature près des matières soulevées ou projetées et quant à leurs manifestations extérieures, comme des réductions et des miniatures des volcans de feu. Ce sont en général de petits cônes de vase de un à quelques mètres de hauteur dont le sommet, tronqué par une dépression cratériforme, est le siège d'éruptions gazeuses entraînant avec elles des particules d'argile, lesquelles, retombant sur les parois extérieures du cône, tendraient à l'agrandir, si les grandes pluies n'en délayaient périodiquement la molle substance : celle-ci s'effondre alors jusqu'à ce que de nouvelles poussées des gaz emprisonnés par elle la soulèvent de nouveau.

Un sol superficiel d'argile habituellement délayée par l'humidité est donc une première condition de l'existence des salses ; non délayée l'argile se fendillerait sous l'influence de la sécheresse, et par ses fissures s'échapperaient sans phénomènes apparents les gaz qui pourraient être situés au-dessous d'elle. La présence de ces gaz est la seconde et nécessaire condition de la formation des volcans de boue. Or, ces gaz, de quelle nature sont-ils et d'où peuvent ils provenir ? Nous répondrons à cette question en classant les éruptions boueuses à la manière des tremblements de terre, c'est-à-dire en deux groupes : salses d'origine *volcaniques* et salses *non-volcaniques*. Les caractères distinctifs des premières sont une élévation de température considérable et constante, une éjaculation abondante de vapeur d'eau, et enfin l'absence à peu près

absolue d'hydrogène carboné. — Les hydrogènes carbonés à basse température forment au contraire, avec l'absence d'hydrogène sulfuré dans les salses volcaniques, la caractéristique du second groupe des éruptions boueuses. Ces dernières, qui constituent les véritables volcans de boue, ceux auxquels s'est tout d'abord appliquée cette appellation, sont toujours situées dans le voisinage des sources ou amas naturels de bitume, de naphte, de pétrole ou autres matières analogues : les îles, les côtes et les abords de la mer Noire et de la mer Caspienne, les montagnes du Caucase, en recèlent un grand nombre. Les salses volcaniques au contraire ne se rencontrent qu'au pied ou dans le voisinage immédiat des volcans en activité ou des solfatares ; les fumerolles qui en proviennent, égarées dans des boues d'argiles ou dans des couches suffisamment puissantes de cendres vomies par le volcan, soulèvent ces cendres délayées ou cette argile pour se frayer un passage : de là un petit volcan de boue. Dans les régions à asphalte ou à pétrole, la décomposition de ces matières minérales d'origine organique, donne lieu à des hydrogènes carbonés qui, rencontrant de l'argile délayée, la soulèvent comme ferait une fumerolle volcanique.

On trouve des salses de l'un et l'autre groupe en Islande, en Sicile, en Italie, dans l'extrême Orient, dans les îles Malaises, la Nouvelle-Zélande et diverses parties de l'Amérique.

IV. — On sait que les stations d'eaux thermales se rencontrent le plus souvent dans des contrées volcaniques au moins par leur origine ; en tout cas, elles ne sont nulle part plus nombreuses qu'au voisinage des solfatares et des volcans en activité. D'après le professeur Fuchs d'accord avec M. Tyndall (1), les geysers, ces masses d'eau bouillante qui s'élancent dans les airs en gerbes d'une hauteur considérable, ne seraient qu'une phase temporaire de l'existence des sources thermales *siliceuses*. Un geyser consiste en un cône de tuf siliceux de quelques mètres de hauteur dont le sommet tronqué s'évide en un large bassin circulaire au fond duquel s'ouvre une sorte d'entonnoir, large tube ou puits dont la base descend jusqu'à un assez grand nombre de mètres en contre-bas de celle du cône : c'est de ce tube, toujours rempli d'une eau limpide mais à une température voisine de l'ébullition, que s'élance par intermittences l'éruption aqueuse constituant le geyser proprement dit. La cause de cette éruption est expliquée de différentes manières. M. Albert Dupaigne dans son beau livre sur *Les Montagnes* publié en 1873, voit dans l'éruption aqueuse des geysers l'effet de la rencontre souterraine d'une source et d'une fumerolle de vapeur surchauffée : celle-ci échauffe l'eau qui s'élève ainsi dans le tube exerçant une pression croissante sur les

(1) *La chaleur considérée comme un mode de mouvement*, traduit de l'anglais, par l'Abbé Moigno. 1864.

vapeurs de la fumerolle jusqu'à ce que ces dernières, ayant acquis par là une force d'élasticité et de répulsion suffisante se fasse jour en repoussant au loin l'eau qui lui barre le passage, exactement comme, dans le cratère du volcan lui-même, les vapeurs emprisonnées projettent au loin les matières qui leur formaient obstacle. Si plausible que soit cette explication, M. le professeur Fuchs en donne une qui paraît l'être plus encore, ne nécessitant pas l'intervention des fumerolles : une source située à la base ou sur le flanc d'un volcan est chaude par le contact même des roches brûlantes sur lesquelles elle repose. Ainsi chauffée à sa base, elle tend à monter et s'élève graduellement dans le tube dont elle atteint bientôt l'orifice ; là elle se refroidit par évaporation au contact de l'air. L'eau devenue moins chaude tend à redescendre le long des parois du tube pour se réchauffer de nouveau à sa base, tandis que l'eau plus chaude continue à s'élever par le milieu ; mais la pression que cette colonne d'eau exerce sur le fond de la source s'oppose à son évaporation dans cette région ; la température ne tarde pas à y dépasser cent degrés et à s'élever assez au delà pour que la vapeur puisse neutraliser la pression subie et écarter violemment l'obstacle en projetant la colonne d'eau vers sa seule issue possible, c'est-à-dire dans le sens de l'ascension verticale.

Ces deux explications du phénomène de l'éruption aqueuse sont au surplus admissibles et peuvent y concourir ensemble ou séparément. Ce ne sont d'ailleurs que les eaux siliceuses qui peuvent y donner lieu : ces eaux commençant, par suite de leur haute température, à sourdre hors de terre, déposent autour d'elles une partie de la silice qu'elles contiennent, en un petit cercle qui s'élève peu à peu ; l'eau monte avec lui et ses particules siliceuses, en s'étalant, revêtent ce tube d'épaisses parois extérieures en forme de cône. Le tube gagnant toujours en hauteur, le jaillissement de l'eau finit par élargir son orifice en un bassin cratériforme lequel va toujours s'agrandissant ; si bien que le refroidissement s'opérant au sommet sur une surface de plus en plus grande, l'eau chaude de la base de la source en subit elle-même l'atteinte : les éruptions deviennent de plus en plus éloignées les unes des autres et finissent par cesser tout à fait. Le geyser a fait place alors à un simple *lang* ou bain d'eau tranquille, chaude encore mais d'une température toujours inférieure au point d'ébullition.

V. — Nous avons dit plus haut que la distribution géographique des volcans sur la surface du globe offre l'occasion de remarques curieuses que le savant professeur d'Heidelberg n'a fait qu'effleurer, mais qui, du reste, se présentent d'elles-mêmes à l'esprit pour peu qu'on jette un regard attentif sur la mappemonde planisphérique insérée à la fin de son livre et sur laquelle sont figurés en traits bleus (volcans éteints) ou rouges (volcans en activité) les principaux foyers ignivomes du globe.

Cette distribution, qui ne saurait être fortuite, semble indiquer la direction, à l'intérieur de l'écorce terrestre, des fissures de cette écorce qui en auraient été l'une des causes. Si, dans l'intérieur du cercle polaire antarctique, par 78° de latitude australe et 168° 12′ de longitude orientale méridien de Greenwich, on considère les monts Erebus et Terror aux cimes incessamment fumantes, on aura le sommet ou le point de départ d'une courbe fermée, d'une sorte de cercle irrégulier entourant, comme d'une ceinture de feu, l'immense bassin de l'Océan Pacifique : en se dirigeant du pôle sud vers la Terre de Feu, puis longeant le versant occidental des Andes, du Guatemala, des Cordillières du Mexique de la Californie, du Columbian et de l'Amérique russe, on côtoiera, sauf quelques interruptions, une grande ligne de volcans qui, par la presqu'île d'Aliaska, les îles Aléoutiennes, le Kamtschatka, les Kouriles, l'Archipel du Japon, s'infléchit en contournant le littoral est de l'Asie ; par l'île Formose, l'île de Luçon et la ligne des Philippines et des Moluques, le cercle volcanique rejoint la Nouvelle-Guinée, se jalonne plus au sud par les volcans de la Nouvelle-Zélande et du petit Archipel des îles de Young, Bukle, Sturge, etc., situées vers les 60e et 61e parallèles par 163° de longitude orientale de Greenwich, pour se fermer enfin au point de départ, au couple de l'Erebus et du Terror. Cette immense berge montagneuse n'est pas seule à fournir des sentinelles ignées à l'hémisphère aqueux du sphéroïde terrestre. De l'île basaltique de Juan Fernandez non loin du littoral chilien, part une ligne transversale qui se continue par Taïti, Tonga, Viti, les Nouvelles-Hébrides, les îles Charlotte et Salomon, traverse par la Nouvelle-Guinée et les Célèbes la circonférence du grand cercle volcanique du Pacifique, pour se prolonger, à travers Java et Sumatra, jusqu'à l'île de Barren à l'est des îles Andaman dans le golfe du Bengale. Circonstance remarquable : les chaînes volcaniques des îles de la Sonde sont exactement aux antipodes d'une autre chaîne ignivome, celle des Antilles, qui flanque le grand cercle du Pacifique à l'est comme le groupe de Java le flanque à l'ouest : ces deux foyers volcaniques, au dire de M. Élisée Reclus, les plus actifs de la terre entière, sont situés au voisinage de ces deux pôles d'aplatissement secondaires, dont l'existence aurait été démontrée par de récents calculs astronomiques (1). Au centre du grand bassin du Pacifique le groupe des îles Sandwich dresse à une grande hauteur ses cratères dont l'activité ne le cède pas beaucoup à celle des volcans de Java, de Sumatra et des Antilles, tandis qu'au large ces trois autres groupes d'îles volcaniques qu'on appelle Gallapagos, Marquises et Mariannes, sembleraient être ses lointains satellites.

(1) Élisée Reclus, *loc. cit* , t. I, p. 614.

Par l'Arménie, le Caucase et l'Asie mineure, les régions volcaniques de l'Asie peuvent se rattacher à celles de la Méditerranée qui nous offrent les îles Santorin, le Ténare, l'Etna, les îles Lipari, le Vésuve, le Vultur, les Champs Phlégréens, sans parler des Volcans éteints de l'est de l'Espagne, de l'Auvergne et de l'Eifel. Dans une autre direction, les volcans Asiatiques se rattacheraient encore, par les rives de la mer Rouge et le Mont Kénia voisin des sources du Nil, à une ligne qui longerait l'Afrique orientale en passant par le sud de l'Abyssinie, Madagascar, Maurice et Bourbon, Nouvel-Amsterdam et Saint-Paul. Au regard de la côte occidentale, part de l'île Tristan d'Acunha une grande ligne volcanique qui traverse l'Atlantique dans sa plus grande longueur en passant par Sainte-Hélène, l'Ascension, les îles du Cap Vert, les Canaries, Madère, les Açores, le nord de l'Irlande, les îles du littoral oriental de l'Écosse, Féroë, l'Islande et Jean Mayen.

Cette disposition des lignes et des groupes volcaniques sur la sphère terrestre est trop remarquable pour être due au hasard. Elle saute aux yeux en quelque sorte au seul aspect d'une mappemonde où toutes les régions volcaniques sont soigneusement indiquées, et représente sans doute les traces lointaines et comme les derniers reflets du travail mystérieux et tant de fois séculaire par lequel, sous l'impulsion initiale de la Puissance créatrice, s'est lentement élaborée la demeure de l'homme telle qu'il l'habite aujourd'hui.

J. D'E.

III

ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES POUR 1880. Paris, Gauthier-Villars.

L'an dernier à pareille époque et à cette même place (1), un de nos collaborateurs a présenté aux lecteurs de la *Revue des questions scientifiques* un compte rendu détaillé de l'*Annuaire du bureau des longitudes*, faisant connaître le plan et les divisions de ce recueil, et suivant celles-ci pas à pas dans tous les enseignements et renseignements qu'elles contiennent.

Nous n'avons pas à y revenir.

L'Annuaire de 1880 n'a pour ainsi dire rien innové et n'avait pas à innover en cet ordre de choses. A part une ou deux exceptions dont nous allons parler, il n'a fait que mettre à jour, sous les mêmes ru-

(1) Livraison d'avril 1879, p. 611.

briques, mais pour une année de plus, les innombrables documents statistiques et scientifiques de toute nature contenus dans ses pages nombreuses d'une impression fine et serrée. Rappelons seulement les quatre ordres de sujets entre lesquels se répartissent ces indications si variées:

I. Données astronomiques. II. Poids, mesures et monnaies. III. Géographie et statistique. IV. Enfin, sous le titre modeste de *Tables diverses*, d'importantes données de physique et de chimie.

C'est dans cette dernière division que l'Annuaire a subi, croyons-nous, quant à sa partie technique, les seules additions de quelque importance qui méritent d'être signalées.

Les mouvements de l'aiguille aimantée et la carte magnétique de la France et de ses environs ont été l'objet d'un travail de révision important dû à un lieutenant de vaisseau, M. de Bernardières, aidé du concours de MM. Mion et La Porte élèves ingénieurs hydrographes. Cette révision a enrichi d'une manière précieuse la portion de l'Annuaire relative au magnétisme. La carte des lignes d'égale déclinaison se rapporte, dans l'Annuaire de 1880, au 1er janvier 1879 ; elle se rapportait seulement dans le précédent au 15 juin 1876. Il en est de même des cotes de déclinaison pour les chefs-lieux des départements français, quelques villes des pays voisins, et les principaux ports ; on y a même ajouté l'indication de la diminution moyenne annuelle de la déclinaison, qui est de 9 minutes : en ajoutant deux fois et demie 9′ à chacun des chiffres de ces tableaux l'on reconstituerait ceux de l'Annuaire de 1879, comme aussi en retranchant 9′ de ces mêmes chiffres on aurait, d'une manière au moins approximative et probable, les déclinaisons pour 1880. Ce qui constitue une innovation plus importante, ce sont les tables de l'*intensité horizontale de la force magnétique* mesurée en différents lieux, à différentes dates et ramenée au 1er janvier 1879; puis, composées des mêmes ordres d'indications, des tables d'*inclinaison*.

Plus loin et tout à fait vers la fin, se trouve un document qui, dans la faible place qu'il occupe, deux simples pages, n'a pas moins une importance que chacun appréciera. Il s'agit d'un tableau donnant les longueurs d'onde de la lumière, en millionièmes de millimètre, pour les principales radiations visibles et *invisibles*, en commençant par la limite de l'infra-rouge et finissant par les 10 raies (L à V) de l'ultra-violet. En regard sont donnés les chiffres analogues pour des spectres de sources artificielles de lumière, telles que lithium, cœsium, rubidium, thallium, indium et gallium ; puis, à la suite, une échelle conventionnelle des raies très réfrangibles (cadmium, zinc, aluminium).

Arrivons à la *Notice* ou plutôt aux *Notices* scientifiques, car il n'y en a pas moins de sept, si l'on considère comme telle chacune des quatre harangues prononcées à l'inauguration de la statue d'Arago à Perpignan, le 12 septembre 1879.

Nous allons passer successivement en revue ces divers morceaux.

Le principal, celui que l'on pourrait appeler la pièce de résistance si une métaphore gastronomique pouvait être de mise en aussi noble sujet, c'est un récit mi parti d'histoire, de météorologie et d'archéologie, dû à la plume si littéraire et si sympathique de M. Faye. Il est intitulé : *Deux ascensions au Puy-de-Dôme à dix ans d'intervalle*, et commence par le pittoresque récit de l'invention du baromètre par Toricelli, et des expériences faites en 1648, au moyen du nouvel instrument, sur le Puy-de-Dôme, par Pascal et son cousin Périer. Définitivement vainqueur de l'*horreur du vide*, Pascal entrevoit toutes les conséquences de la nouvelle invention, et en déduit immédiatement le poids de l'atmosphère terrestre qu'il trouve de 8 quintillions 283 quatrillions 889 trillions 440 milliards de livres (1).

Après cette entrée en matière, l'auteur de la notice passe au récit de ses deux voyages à Clermont, et des ascensions au Puy-de-Dôme dont ils furent l'occasion. Il raconte les efforts aussi infructueux qu'opiniâtres de M. le professeur Alluard pour obtenir de la ville les fonds nécessaires à la création d'un observatoire météorologique au sommet du Puy, le concours qu'avec l'aide de M. Duruy, alors ministre de l'instruction publique, il put donner au dévoué météorologiste clermontois, lequel vit bientôt la municipalité de sa ville prêter l'oreille à ses projets, lorsque des savants étrangers à la province les proclamèrent d'une grande utilité pour la science et glorieux pour l'Auvergne. Il se trouva qu'en creusant les fondations de l'établissement scientifique, les découvertes archéologiques arrivèrent par surcroît : on était sur l'emplacement d'un vaste temple dédié au Mercure domien et bâti, au temps d'Auguste, à une altitude de 1 500 mètres. Des maçonneries revêtues de marbre, des escaliers, des piliers, des cryptes, des débris de chapiteaux corinthiens et de bas-reliefs provenant de frises et d'architraves, apparaissaient successivement sous le pic et la pioche des ouvriers, jusqu'à une plaque de marbre portant cette inscription caractéristique : NUM. AUG. ET DEO MERCURI. DUMIATI MATUTINIUS VICTORINUS D. D. — On constata ainsi l'existence d'une façade de 70 mètres, au milieu de laquelle une sorte de piédestal semblait avoir dû supporter la statue colossale de Mercure faite, nous apprend Pline, pour la cité gauloise des Arvernes, par Zénodore, au temps de Néron. M. Faye se demande si ce Matutinius Victorinus, auteur de l'inscription votive, est le même qu'un certain Matutinius Victorius prêtre de Mercure et grand persécuteur des chrétiens, puis chrétien lui-même, dont Grégoire de Tours rapporte la légende telle qu'elle

(1) Résultat un peu trop petit, ajoute M. Faye, parce que Pascal, comme plus tard Newton, employa une valeur du degré terrestre trop faible d'un dixième.

se racontait à Clermont au VIe siècle. Les sources thermales de Royat, non moins que le pèlerinage au sanctuaire du dieu Mercure, attiraient les Gallo-Romains au Puy-de-Dôme; mais quand eut passé le flot destructeur des invasions barbares, colosse de bronze, thermes et temple, tout disparut et tomba dans l'oubli. L'auteur de la Notice nous raconte comment l'existence de sources chaudes à Royat fut découverte à nouveau il y a une quarantaine d'années. De là à parler des actions géologiques déterminées par les glaciers du Plateau Central, il n'y avait qu'un pas, à la suite duquel M. Faye rappelle la belle comparaison d'Élie de Beaumont sur les deux pôles de la France, Paris le pôle creux et attractif, le Puy-de-Dôme le pôle saillant et répulsif.

La description de l'établissement météorologique devait en suivre l'histoire. Il est complété par une sorte de succursale située à 1 100 mètres plus bas, près de Clermont et correspondant par un fil télégraphique avec l'établissement principal. On a ainsi un parallèle fort curieux des mouvements météorologiques sur ces deux points placés à des niveaux si différents : un tableau des courbes de pression barométrique, d'état hygrométrique, de température et de vitesse du vent à Clermont et au Puy-de-Dôme lors de l'ouragan du 20 février 1879, montre quels extrêmes de variations entre ces éléments s'observent simultanément à deux altitudes situées sur des points horizontalement si voisins. Les premières observations sur l'intérieur des nuages à grêle, — l'auteur le rappelle en entrant là-dessus dans les plus intéressants détails, — ont été faites au Puy-de-Dôme.

C'est en exhortant vivement les météorologistes et les simples touristes eux-mêmes à faire l'ascension du Puy-de-Dôme que M. Faye termine sa notice, leur recommandant de relire à cette occasion le Livre VII des *Commentaires*, et rappelant, d'après Grégoire de Tours, les souvenirs de l'histoire franque qui s'y rattachent. Comme tous les esprits élevés, notre auteur aime et admire la vérité partout où il la rencontre ; et c'est dans l'étude des origines de notre histoire, sa notice en fait foi, que le savant, l'astronome, le physicien se délasse de ses travaux scientifiques.

Après la *Notice* proprement dite, due à M. Faye, l'Annuaire donne deux rapports à l'Académie des sciences de M. le commandant Perrier, sur un événement scientifique considérable : nous voulons parler de la double jonction géodésique et astronomique de l'Algérie avec l'Espagne, ensemble d'opérations internationales exécutées sous la direction de cet officier pour la France et du général Ibañez pour l'Espagne en septembre et octobre 1879.

De vastes réseaux trigonométriques se reliant entre eux couvrent les îles britanniques, la France et l'Espagne. L'Algérie devenue française avait eu aussi sa triangulation. Il restait à relier le réseau nord-africain au réseau ouest-européen, opération particulièrement délicate et ardue,

car il s'agissait de faire franchir aux rayons visuels des observateurs des distances inusitées, inouïes, de 70 lieues d'un continent à l'autre ! — Il n'y eut pas pour cela de signaux solaires d'une puissance suffisante : il fallut recourir à la lumière électrique produite par des appareils électro-magnétiques qu'actionnaient des machines à vapeur de six chevaux. Préalablement, il avait fallu hisser machines et appareils, tant en Espagne qu'en Algérie, à des altitudes de 1100, 2000 et 3550 mètres ; pour cela, on avait dû commencer par créer des routes pour conduire hommes et chevaux jusqu'à ces stations alpines, et organiser un service continu de ravitaillement afin de procurer tout le nécessaire de la vie aux observateurs, à leur nombreux personnel et à leurs chevaux.

Les officiers espagnols en Espagne aux stations de Tetica et de Mulhacen (3550^{m}), en Algérie, les officiers français, aux stations de Filhaoussen et de M'Sabiha, les uns et les autres pourvus d'instruments et d'appareils identiques, devaient observer d'après une même méthode convenue d'avance.

Tout fut prêt le 20 août et chacun était à son poste. Mais alors les brumes marines de la Méditerranée interceptèrent les rayons lumineux : vingt jours durant les plus patientes tentatives incessamment répétées furent infructueuses. Enfin, le 9 septembre, les feux des signaux furent vus de part et d'autre ; les observations se continuèrent sans interruptions, et le 1er octobre le travail était terminé, la jonction géodésique des deux continents était un fait accompli : la science était en possession d'un arc méridien de 28°, le plus grand qui ait jamais été mesuré sur la terre.

A une aussi magnifique opération, il fallait le complément d'un travail qui la contrôlât : il fallait projeter sur la voûte céleste l'arc de méridien mesuré sur la surface de notre globe ; il fallait déterminer directement dans le ciel par sa longitude et sa latitude chacun des points releves sur terre par ses coordonnées géodésiques. Le récit de cette nouvelle série d'opérations forme la troisième *Notice* de l'Annuaire : quelque intérêt qu'elle présente, nous ne l'analyserons pas, car il faut nous restreindre. Nous préférons y renvoyer nos lecteurs ; cette admirable relation scientifique suffirait d'ailleurs à elle seule à assurer le succès de l'Annuaire de 1880.

La parole est maintenant aux orateurs. Une gravure sur fond noir, représentant la statue élevée le 21 septembre dernier à Arago sur une des places de Perpignan sa ville natale, sert de frontispice aux quatre discours dont il nous reste à parler.

Le premier a été prononcé au nom de l'Académie des sciences par M. l'astronome Janssen l'un de ses membres. Il contient la biographie scientifique d'Arago, l'histoire de son entrée et de ses débuts dans la carrière, de ses travaux, de ses découvertes : la polarisation chromatique

de la lumière, l'action attractive du courant magnétique sur la limaille de fer, l'électro-aimant, ce principe de la télégraphie électrique et de toutes ses applications dérivées, le magnétisme par rotation. Les nombreuses et attachantes *Notices* dont il a enrichi la collection de l'Annuaire; ses biographies de savants, ses rapports et discours académiques ; son cours à l'Observatoire ; tout ce qui sortait, en un mot, de ses lèvres ou de sa plume était, dans le public, l'objet d'une faveur marquée. C'est que chez Arago le savant était doublé d'un maître dans l'art de parler et d'écrire et qu'il sut toujours exprimer son immense savoir en un langage vraiment littéraire et accessible à tous les esprits. Fondateur en quelque sorte et surtout vulgarisateur de l'astronomie physique, on dirait qu'il avait pressenti le pas immense que, dix ans après sa mort, devait faire faire à cette science l'incomparable découverte de la spectroscopie.

Directeur de l'observatoire de Paris, M. le contre-amiral Mouchez a parlé d'Arago principalement au point de vue de ses travaux de géodésie et d'astronomie. S'il n'eût cru devoir entrelarder son discours de quelques-unes des déclamations en vogue en ce moment, ailleurs même que dans le monde scientifique ; s'il se fût abstenu d'appréciations politiques contestables, et, ce qui est plus regrettable, d'épigrammes d'un goût médiocre contre l'Histoire sainte, les « honteux vestiges des siècles passés, » les superstitions etc., le discours de l'honorable amiral aurait, même après celui de M. Janssen, une incontestable valeur : sans rien répéter des paroles qui avaient précédé les siennes, il a su redire sous une forme différente la carrière et les travaux du grand astronome et toucher, parfois d'une manière heureuse, à sa vie politique.

Parler au troisième tour sur un même sujet n'est pas chose aisée, surtout après la biographie si complète donnée par les deux premiers orateurs. Ce rôle difficile incombait à M. d'Abbadie chargé de cette mission par le Bureau des Longitudes, dont fait partie l'éminent géographe. Il ne pouvait plus citer de faits qui eussent été passés sous silence : tous ceux dont se compose la vie et la carrière d'Arago avaient été mis en lumière. Mais il a su les présenter sous un jour différent, notant rapidement ceux qui avaient été le plus complètement exposés et entrant au contraire dans des détails pleins d'intérêt sur ceux qui n'avaient été racontés que dans leur ensemble Sa collaboration à la mesure du méridien en Espagne, le rattachement trigonométrique de l'île d'Iviça au continent, ses dangereuses expériences avec Dulong sur l'élasticité de la vapeur, sa découverte de la décomposition de la lumière polarisée et les applications qui en sont résultées, notamment à la constitution qu'il put faire de l'état gazeux de la photosphère, l'application à l'électro-aimant de la découverte d'OErsted, l'impulsion donnée à la théorie des ondulations lumineuses, enfin la découverte de l'induction électrique, — tels sont les faits de la vie scientifique d'Arago dont M. d'Abbadie a su

parler sous une forme nouvelle et sans répéter ce qu'en avaient dit les orateurs précédents. Il a aussi peint le talent vulgarisateur du savant, le charme littéraire de ses exposés et surtout le noble caractère de l'homme : en quelques paroles entremêlées de faits anecdotiques, il a fait connaître à son auditoire tout ce qu'avait d'élevé et de généreux cette vaste intelligence. Nous ne résistons pas au plaisir de citer l'un des traits rapportés par M. d'Abbadie. On objectait à une candidature à l'Académie des Sciences les ardentes convictions catholiques du candidat (on était encore bien loin cependant de l'an d'intolérance 1880). Arago combattit vivement une telle tendance à un injuste ostracisme, voulant ne voir que les travaux du savant, et ajoutant que quant à lui Arago, il portait envie à ceux qui croient.

Or le héros de cet incident, tout à l'honneur de l'esprit élevé et équitable d'Arago, n'était autre que l'orateur lui-même.

Après M. d'Abbadie, M. Bréguet, de l'Académie de Sciences, est venu dire quelques mots, encore au nom du Bureau des Longitudes. Exécuteur des appareils et instruments de haute précision conçus et inventés par le génie d'Arago, il lui appartenait de faire ressortir l'impulsion que l'industrie française doit, sous ce rapport, à ce grand savant. Grâce à Arago, mais grâce aussi (quoiqu'il ne le dise pas) à M. Bréguet qui a su comprendre et réaliser les pensées de l'inventeur, la France n'a besoin de recourir à aucune autre nation pour la construction de ses appareils scientifiques et les instruments dont sont munis ses observatoires sont d'origine française.

IV

Dans notre livraison d'octobre 1879 (pp. 596-614) nous avons publié un compte rendu du dernier ouvrage du P. Secchi, intitulé *Les Etoiles*. Un astronome allemand ayant dernièrement entrepris de dénigrer ce bel ouvrage, le R. P. Ferrari, élève et successeur du P. Secchi, a cru devoir réfuter ses critiques dans le *Bulletino meteorologico*. Nous avons traduit pour nos lecteurs l'intéressant article du P. Ferrari, qui formera comme le complément de notre compte rendu.

Un jugement de M. A. Winnecke sur l'ouvrage Les Étoiles *du* P. A. Secchi.

Dans le numéro 3, année 1878 du *Vierteljahrsschrift der astronomischen Gesellschaft* (Bulletin trimestriel de la Société astronomique, publié à Leipzig), pp. 278 à 282, se trouve un article de M. A. Winnecke, l'un des secrétaires de cette société, rendant compte de l'ouvrage intitulé *Les Etoiles*, dernier travail de l'illustre et regretté P. A. Secchi.

L'affection qui nous unissait, comme confrère et comme disciple, à notre vénéré maître, nous fit lire cette revue d'autant plus volontiers que le nom illustre de l'auteur, toujours estimé du P. A. Secchi, nous faisait espérer un article élogieux, inspiré d'une bienveillante modération. Nous avons été bien déçu.

Un biographe courtois fait ordinairement ressortir tout d'abord le mérite de l'ouvrage pour ne parler qu'ensuite, si la chose est nécessaire, des quelques imperfections qui pourraient s'y rencontrer. Au contraire, notre auteur semble avoir pris à tâche de détacher tout ce qui pouvait s'y rencontrer d'imparfait, et cela dans un style ironique peu digne d'un savant distingué. *Parce sepulto*, disaient les anciens et ils avaient bien raison. C'est bien le cas d'appliquer cet adage quand il s'agit d'illustres écrivains qui ne sont plus là pour se défendre. Agir autrement, surtout contre un homme comme le P. Secchi, c'est une conduite que notre plume se refuse à qualifier. Encore ces observations sont-elles exactes et ces censures sont-elles méritées? Avec tout le respect dû à leur auteur, nous devons au moins les examiner sommairement, en nous bornant aux plus sévères.

Le titre choisi par le P. Secchi suffirait déjà à disposer le lecteur à la bienveillance et à la générosité. En l'appelant *Essai* et non *Traité*, l'auteur a assez clairement fait entendre que son intention n'était pas d'exposer tout ce que les savants des divers pays ont publié sur l'*astronomie sidérale*, mais, comme il le déclare lui-même dans son introduction : « de chercher seulement à en réunir en quelques pages les multiples résultats afin de donner ainsi une idée de l'étendue de cette étude et de sa variété. » Et, un peu plus haut, parlant de l'astronomie sidérale, il avait dit que, grâce à l'activité de notre génération, cette science avait progressé au point de ne pouvoir se renfermer en un seul volume. Qu'y a-t-il donc alors de si étonnant qu'il n'ait point parlé de tout et de tous dans cet ouvrage ?

Cette simple réflexion eût évité au savant bibliographe de lancer si injustement au P. Secchi le reproche d'avoir complètement ignoré tout ce qui, durant les trente dernières années, a été fait et imprimé en Allemagne et en Russie touchant la science des étoiles fixes. Comment répondre à de pareilles accusations?...

Il ne sera toutefois pas désagréable aux admirateurs du P. Secchi de voir reproduire ici à l'occasion de son essai sur les étoiles, ce qu'il écrivait dans l'Introduction de son ouvrage classique *Le Soleil* (p. VI, VII).

« Nous avons aussi donné, disait-il, une plus grande étendue à l'historique de plusieurs découvertes, et nous pensons avoir ainsi satisfait aux plaintes de certains savants qui nous reprochaient de n'avoir pas apprécié leurs travaux comme ils méritaient de l'être. Dans un ouvrage de longue haleine, il est bien difficile de rendre justice à tout le

monde ; s'il nous est arrivé d'attacher moins d'importance qu'il ne faudrait à certains travaux, nous espérons qu'au lieu de nous supposer quelque mauvaise intention, on voudra bien attribuer ce malheur à la difficulté du travail. Du reste, quoique le commerce littéraire soit actuellement très actif, nous n'hésitons pas à affirmer que les Italiens pourraient adresser aux savants étrangers bien des réclamations de ce genre, Cela tient à deux causes, la première est le nombre toujours croissant de ceux qui se livrent à ces recherches : il devient ainsi bien difficile de se tenir au courant de ces observations si multipliées; la seconde est la multitude des langues dans lesquelles sont publiés les travaux modernes, ce qui augmente singulièrement leur étude. »

Et puis serait-ce un si grand malheur que Secchi eût ignoré l'existence de tel ou tel ouvrage publié par tel ou tel savant russe ou allemand, lorsque l'on voit certains savants allemands ne pas connaître les travaux les plus célèbres d'un P. Secchi ! Dans le même ouvrage *Le Soleil* vol. II, p. 445, le P. Secchi excusait ainsi cette ignorance : « Malheureusement, les publications italiennes sont très peu connues à l'étranger, et il se peut bien que les savants aient ignoré nos travaux.» Il parlait ainsi à l'occasion de l'erreur commise par son traducteur, M. Schellen, qui avait arbitrairement attribué la découverte des types stellaires, en ce qui concerne les spectres, à M. Rutherfurd plutôt qu'à lui-même.

Venons aux détails. Et d'abord on accuse l'ouvrage d'être d'une insupportable longueur dans toutes ses parties, et l'on donne comme exemple le paragraphe relatif à la grandeur du système planétaire. On s'étonne de ce que l'auteur y ait inséré ce qui concerne le passage de Vénus sur le soleil, et l'on insinue ironiquement que le P. Secchi en a profité pour publier un article écrit à l'occasion de ce passage.

Ce blâme infligé à un tel écrivain montre bien que le critique ne s'est pas formé une juste idée du travail qu'il prétend faire connaître. Le P. Secchi ne destinait pas son Essai aux astronomes de profession pour lesquels il était presque inutile ; mais il l'avait composé, comme il le répète plusieurs fois, afin de vulgariser la connaissance des merveilles du ciel ; le style qu'il emploie, la clarté des expressions, tout fait ressortir cette intention. C'est pour cela, qu'afin de donner au lecteur une juste idée des distances stellaires et de l'immensité des espaces étoilés, il devait partir des dimensions de notre système planétaire. Il avait donc une raison pour ainsi dire intrinsèque de procéder comme il l'a fait, et il n'a point songé à placer un article de circonstance, comme le suppose le critique.

Voici une remarque encore plus singulière (p. 29) : « Aux réfracteurs de Pulkowa et de Cambridge, on attribue une ouverture [Oeffnung] de 16″ (406^{mm} *sic*!). »

En voyant ce point d'exclamation, nous avons cru un moment que

quelque erreur grossière s'était glissée dans la réduction en millimètres. Nous avons donc consulté le texte original italien et nous y avons trouvé en toutes lettres ce qui suit : «..... qui ont 16 pouces (=406^{mm}) de diamètre) [Durchmesser]. Consultant ensuite les tables de Guyot pour la réduction des pouces anglais en millimètres, nous avons trouvé que la valeur du pouce anglais, dont parle ici le P. Secchi, est de 25^{mm} 39954, ce qui fait pour les 16 pouces 406^{mm} en chiffre rond. Et nous ne sommes pas parvenus à deviner ce qu'a voulu le critique avec son point d'exclamation (1).

Nous déclarons une fois pour toutes que nous ne reconnaissons comme authentique que le texte italien et que nous ne répondons nullement des inexactitudes de la traduction allemande.

On s'étonne ensuite de ce que le P. Secchi ait donné, entre tous les Atlas célestes, la première place à celui de Bode ; nous ne savons vraiment pourquoi. Le P. Secchi ne le loue que pour le luxe des gravures et ne dissimule pas la difficulté que l'on éprouve à distinguer les petites étoiles qui disparaissent dans l'ombre des figures. C'est pourquoi il ajoute qu'une excellente disposition est celle d'Argelander et de Heis qui impriment en *rouge* les contours des figures et en *noir* les étoiles, ce qui permet de distinguer le tout parfaitement, surtout pendant la nuit.

A la page 34, le critique s'écrie : « Qu'on lise, de grâce, ce qui est dit du catalogue de Bradley et l'on sera surpris ! » Au lecteur d'en juger. Voici les paroles du P. Secchi : « Catalogue de Bradley fait à Greenwich réduit à 1760 : ce travail est considéré comme plus précis que tous les précédents, à cause de la perfection des instruments et de l'exactitude de l'observateur. Il a été de nouveau discuté par Bessel en 1818 dans ses *Fundamenta astronomiæ*, et renferme 389 étoiles ; Bessel, par les observations du même astronome, le poussa jusqu'à 3222 étoiles. » Mais de grâce, qu'y a-t-il là de surprenant ? Est-ce la date de 1760 au lieu de 1755 ? Le lecteur, s'il est astronome, n'y verra qu'une erreur typographique échappée à la correction ; et s'il n'est pas astronome, peu lui importe cette faible différence d'époque. Serait-ce peut-être parce que Bradley est préféré aux plus anciens ? Mais Bessel lui-même ne l'a-t-il pas préféré, n'a-t-il pas comblé Bradley des plus grands éloges en dédiant à Olbers cette œuvre classique ?

Singulier procédé de critique ! On met en avant un soupçon vague et

(1) Comme pour les mesures linéaires, on emploie en Angleterre, en Russie et aux États-Unis le pouce anglais, le P. Secchi a exprimé le diamètre des susdits objectifs en pouces anglais. Cependant, comme ceux-ci sortent des ateliers de MM. Merz, il s'agit ici de pouces français, et 16 pouces français font 433^{mm}. C'est peut-être là ce qui a provoqué le point d'exclamation du critique. Est-ce bien sérieux ?

indéterminé propre à jeter le discrédit sur un homme comme Secchi, en laissant supposer, par le silence, qu'une grossière bévue se trouve dans le passage que l'on cite ; mais on ne donne pas le texte original. Ce n'est, à coup sûr, pas fort honorable !

A la page 35, on reproche à Secchi de n'avoir pas énuméré parmi les catalogues d'étoiles les observations d'Argelander et le catalogue d'Oeltzen pour les hémisphères nord et sud. Pour toute réponse, nous reproduisons les paroles du P. Secchi p. 36: « Nous omettons, dit-il, beaucoup d'autres excellents recueils d'étoiles ; ceci nous suffit pour faire voir avec quelle persévérance et quelle précision on a cultivé l'astronomie stellaire.»

Ces deux lignes peuvent aussi servir de réponse à sa critique contre la page 52. Pour tout dire, en un mot, ce qui apparaît bien clairement, c'est le dépit du critique de ne pas voir accorder aux astronomes allemands une mention spéciale, aussi spéciale du moins qu'il l'aurait désirée.

Page 54, le critique dit en citant un passage de Secchi:« Des valeurs assignées par divers astronomes (pour l'intensité relative de la lumière dans les étoiles des diverses grandeurs), il résulte que le rapport des intensités lumineuses de chaque classe successive va en diminuant.»

Et puis, il ajoute : « Par cette remarque inexacte, l'auteur se met en contradiction avec sa page 55 où il cite le travail de Johnson.»

Une accusation aussi grave exigerait bien, ce semble, qu'on pût l'établir d'une manière solide et irréfutable. Or, en examinant l'endroit cité et mis entre guillemets, au lieu de la citation du critique on lit : « Des valeurs assignées par divers astronomes, on peut conclure que les rapports des intensités lumineuses aux diverses grandeurs ne seraient pas rigoureusement constants, mais décroissants, et l'on aurait la série suivante:

Rapport de la 1re à la 2e = 3,75 ; rapport de la 2e à la 3e = 2,35
Rapport de la 3e à la 4e = 2,20 ; rapport de la 4e à la 5e = 1,95

On voit donc que le rapport décroît avec les grandeurs, ce qui est conforme au fait bien connu que le rapport entre deux lumières est d'autant plus facile à évaluer que les lumières elles-mêmes sont plus faibles. » Ainsi s'exprime Secchi.

Remarquons d'abord, que dans ce passage le P. Secchi n'affirme pas *catégoriquement* comme le suppose le critique; car il ne dit pas *va en diminuant ;* mais bien, les rapports *ne seraient pas rigoureusement constants mais décroissants*, ce qui est bien différent; et puis cette conclusion est basée sur les travaux des deux Herschel et sur les siens propres (p. 54).

C'est à tort que le critique accuse de contradiction le P. Secchi, dans le passage où il cite le travail de Johnson (p. 55), à moins qu'un contre

sens de la pauvre traduction allemande n'ait donné naissance à cette opinion. Mais nous le répétons, dans des cas semblables, on ne peut pas s'en rapporter à une traduction.

Pour s'en convaincre, il suffit de parcourir le tableau placé à la page 55, qui est tiré de Struve. D'ailleurs l'auteur fait remarquer que, dans cet examen photométrique, même pour les étoiles télescopiques, l'échelle est arbitraire et de convention traditionnelle, et il ajoute:« En résumé, nous conclurons que, dans une matière *si vague*, on peut conserver comme *terme moyen* qu'en général : l'intensité lumineuse d'une étoile de 2e grandeur est environ le quart de l'intensité lumineuse d'une étoile de première grandeur ; que le rapport entre les intensités lumineuses des étoiles de 2e et de 3e grandeur, et ainsi de suite jusqu'à la 6e, peut être considéré comme constant et égal à 2,14, et que, pour les télescopiques il devient 2,412.»

Autre chose est pourtant *chacun* des rapports et autre chose *leur valeur moyenne;* et si le critique avait pris la peine de s'en apercevoir, il ne serait pas descendu à lancer au P. Secchi une pareille accusation.

A la page 61e, le critique demande avec étonnement comment β. du Cygne a jamais pu être notée comme une des étoiles doubles les plus importantes et le mieux étudiées? La réponse se trouve dans Smith, cité par le P. Secchi; car il a recueilli un *très grand nombre* d'observations faites par divers astronomes sur cette étoile. Si les observations d'une étoile sont très nombreuses, il semble naturel d'en conclure que cette étoile ne manque pas d'importance et qu'elle a été étudiée de préférence.

A la page 65, le critique émet le doute que le P. Secchi n'aurait pas eu connaissance de la dernière édition du catalogue Schjellerup publié dans sa Revue citée plus haut. Or le P. Secchi l'avait dans sa bibliothèque, mais ayant fait ses comparaisons avec le catalogue plus connu de l'*Astronomische Nachrichten* et de Chambers, il ne s'est pas soucié de citer encore cette édition. Le critique ajoute ensuite:« L'auteur traite largement et en détail des spectres stellaires, en s'appuyant principalement sur ses propres recherches qui ont fait naître bien des doutes. Il est à remarquer que, dans l'exposition des principes de la méthode, il a évité de rappeler les noms de Kirchhoff et de Bunsen.»

Qu'il apprenne donc, puisqu'il semble l'ignorer, que le P. Secchi dans son ouvrage sur *les Étoiles*, comme aussi dans son livre *du Soleil*, n'est pas un simple chroniqueur et un compilateur des travaux d'autrui; mais que, pour ce qui regarde spécialement les étoiles, il est reconnu et cela sans méconnaître le mérite des autres, comme un *fondateur*, et qu'un d'Arrest n'a pas dédaigné de le suivre dans ses études sur les types stellaires, en en reconnaissant par là l'exactitude, comme le fait du reste remarquer le P. Secchi, p. 88, où il cite les travaux publiés dans l'*Astronomische Nachrichten*.

C'est pour cela, qu'en cette matière, il conserva la méthode qu'il avait adoptée dans son ouvrage sur *le Soleil;* et il ne sera pas hors de propos de mettre sous les yeux du lecteur ce qu'il écrit dans l'introduction de cet ouvrage (p. VII et VIII) : « Nous ne nous sommes pas contenté, dit-il, de réunir ces faits et de les coordonner, mais nous avons aussi voulu les vérifier et en acquérir une connaissance directe et approfondie en les étudiant avec soin. Nous avons donc cherché à rendre justice aux savants en conservant à chacun ses droits de propriété ; mais en même temps, nous avons tenu à exposer les faits tels qu'ils se présentent à notre expérience personnelle ; c'est ainsi que notre ouvrage a pris un cachet particulier et original. On nous a accusé à ce propos (et cette accusation le critique s'empresse ici de la renouveler) d'avoir voulu persuader à nos lecteurs que nous avons porté seul, *tout le poids de la chaleur et du jour !* Nous n'avons jamais eu cette prétention, nos lecteurs le savent bien ; nous avons seulement voulu, tout en citant les découvertes des autres, décrire les phénomènes avec cette sûreté et cette précision que l'observation personnelle peut seule donner à un écrivain. »

Qu'importe que telle ou telle de ses recherches ait été mise en doute par tel ou tel savant; nous répondons par le vieil adage : *in dubiis libertas.* Mais au fond, et spécialement pour ce qui regarde la distinction des types, on ne pourra jamais lui enlever la gloire d'avoir le premier tracé la voie à suivre dans une question aussi embrouillée.

Enfin le critique se serait dispensé d'exprimer ses regrets pour l'omission des noms de Kirchhoff et de Bunsen, s'il avait lu ce que dit le P. Secchi précisément au § III sur les *spectres prismatiques des Étoiles* (p. 66). Nous transcrivons textuellement : « La pratique et les principes de la spectroscopie sont trop connus aujourd'hui pour que nous devions les résumer ici, et répéter ce que nous avons déjà dit dans notre ouvrage sur *le Soleil.* Aussi nous y renvoyons pour tout le reste, nous bornant ici à ce qui regarde *exclusivement* les étoiles. » Quant à la spectroscopie stellaire, le P. Secchi ne manque pas de citer Donati qui la ressuscita en 1860, comme aussi Huggins et Miller qui les premiers étudièrent quelques étoiles ; et plus tard Draper, d'Arrest et Vogel. N'est-ce pas bien assez pour un *Essai* de physique stellaire ?

A la page 120–121 le critique note comme « une chose que l'on n'aurait pas dû taire, que l'auteur, dans son opinion relative à la température des étoiles des divers types, se trouve en contradiction évidente avec d'Arrest. »

Tout d'abord il ne cite pas l'endroit de d'Arrest qui exprime l'opinion contradictoire ; de plus, chassé comme nous le sommes de l'Observatoire, et par suite ne pouvant consulter les *Astronomische Nachrichten,* où sont publiés ces travaux, il nous est impossible de voir de nos pro-

pres yeux s'il existe quelque contradiction entre l'opinion de Secchi et celle de d'Arrest. Mais enfin, supposons que vraiment leurs sentiments soient différents ou opposés ; nous ne voyons rien en cela sinon un de ces faits qui se présentent journellement dans l'histoire des sciences ; et, nous ne savons à laquelle des deux opinions on doit donner la préférence. Il est certain qu'en examinant attentivement les raisons par lesquelles le P. Secchi fut conduit à sa conclusion touchant la température plus faible des étoiles qui contiennent *probablement* le carbone à l'état d'oxyde ou d'autre combinaison, on ne peut pas ne pas voir la légitimité de la conclusion, partant comme il le fait des études récentes de Lockyer à la Monnaie de Londres, dont on déduit que les spectres à zones cannelées sont dus aux oxydes, et que ceux-ci peuvent subsister tant que la température n'est pas trop forte.

Que le P. Secchi n'ait pas ensuite indiqué l'opinion contradictoire (selon le critique) de d'Arrest, cela tient probablement à ce que tous deux ont étudié simultanément cette matière, ou bien encore qu'il n'a pas cru, comme en d'autres cas, devoir faire mention de tout dans un ouvrage élémentaire.

A la page 139, le critique termine par cette exclamation : ceci est inintelligible : « Au mois de mai 1866 Birmingham découvrit à Tuam dans la figure de la Couronne une nouvelle étoile qui fut notée D (sic !) » Et il passe outre.

J'avoue qu'une telle tirade me troubla un moment, craignant que le P. Secchi, qui déjà commençait à se ressentir, lorsqu'il écrivait cet ouvrage, du mal qui le conduisit au tombeau, n'eût laissé échapper en cet endroit quelque erreur grossière.

J'ouvre donc immédiatement l'édition italienne, et j'y lis à la page 138: « Année 1866. En cette année, M. Birmingham de Tuam a découvert en mai dans la constellation de la Couronne une étoile qui fut appelée T. »

Il se serait donc épargné son *sic* et son point d'exclamation, notre piquant critique, s'il avait consulté l'édition italienne. On voit bien que le traducteur allemand n'était guère astronome ; mais enfin il suffisait ici de traduire fidèlement et de bien corriger les épreuves !

D n'est pas T ; mais est-il digne d'un critique honorable qui se respecte, de faire si grand cas d'un point, que certainement un critique bienveillant et impartial, considérerait comme une simple erreur typographique ? Et par surcroît on se trompe.

En outre, si l'on consulte le catalogue des étoiles variables, tiré de Chambers et placé par le P. Secchi, à la fin de l'ouvrage, au numéro 86, on lit : « T corona. A. R. 1879 = $15^h\ 54^m\ 4^s$; Décl. = + 26° 17',5. Changement de grandeur 2,5 à 9,8. — Autorité : Birmingham 1866. »

Peut-on être plus explicite ?.....

Le même P. Secchi, dans l'endroit que nous avons cité, donne la figure du spectre à zones lumineuses de cette étoile, et en note il a soin de faire observer que le dit spectre *a été placé par inadvertance avec le rouge à droite contrairement à l'usage.*

Suivent encore d'autres petites critiques indéterminées avec force points d'interrogation ; parmi celles ci nous en choisissons une qui fera mieux comprendre de quel esprit était animé le critique p. 153 (voir également p. 147) : « Toutes les étoiles rouges et fortement colorées sont variables. » Il faudrait le démontrer !

En voyant cette citation mise entre guillemets, on devrait croire qu'elle est prise textuellement de l'ouvrage du P. Secchi. Or on lit à la page 152 de l'édition italienne : « Les études spectrales ont montré la grande affinité qu'il y a entre ces deux qualités stellaires (la variabilité et la couleur) de sorte que, comme on l'a déjà dit (p. 146), *presque toutes les étoiles ou rouges ou fortement colorées sont variables* (1) et vice versa ; aussi l'étude de l'une sert à l'étude de l'autre. »

A la page 146, il s'exprime encore de la même manière : « Les étoiles colorées en jaune-orangé et en rouge *en général peuvent être dites* (2) toutes variables, telles sont α d'Orion etc. »

Dans ce passage le mot toutes, *tutte*, est modifié par la phrase : *in genere possono dirsi* qui en bon italien correspond au mot *quasi*.

On recommande donc au critique de transcrire bien exactement les passages qu'il cite, afin de ne pas encourir la flétrissure d'agir de mauvaise foi, ce qui n'est pas à supposer.

Maintenant, que le P. Secchi ait démontré ou non qu'il y a une corrélation entre la couleur rougeâtre et la variabilité des étoiles, il suffit pour s'en convaincre de lire le § VIII.

Passons les critiques des pages 142-152-164-167, car elles sont et trop frivoles et trop indignes pour mériter une réponse en termes convenables de la part d'un écrivain qui se respecte.

A la page 175, il écrit sans y ajouter aucune note : que celui qui découvrit la nébuleuse d'Andromède est appelé « Fabricius. »

Voilà enfin l'unique erreur commise par le P. Secchi et le critique n'a pas manqué de la recueillir avec empressement. Deux mots, pourtant, afin de ne pas trop ternir la gloire d'un si illustre auteur. Chacun sait que celui qui découvrit, ou mieux qui redécouvrit la nébuleuse d'Andromède, fut Marius son contemporain, tandis que Fabricius passe pour avoir le premier observé les taches solaires. Citant de mémoire, le P. Secchi échangea les deux noms. Mais moi, qui pendant plusieurs années fus son compagnon de travail, je me rappelle fort bien que, dans

(1) Quasi tutte le stelle o rosse o fortemente colorate sono variabili..

(2) In genere possono dirsi tutte variabili...

ses revues des nébuleuses, le P. Secchi se servait de l'ouvrage de Smith intitulé *Celestial Cycle*, dans lequel on lit précisément le nom de Marius. Secchi ne l'a donc pas ignoré : seulement, comme il arrive souvent, il se fia à sa mémoire pour le nom, tout comme il l'avait fait et sans erreur, pour le mot de Marius (non reproduit par le critique) à savoir que la nébuleuse d'Andromède apparaît à l'œil nu, *comme une lumière vue à travers une mince lame de corne*. Soyons donc un peu plus généreux !

A la page 179 le critique observe que « ce que l'auteur (Secchi) affirme au sujet de la nébuleuse d'Orion n'est en aucune façon un fait reconnu : je rappelle la contradiction formelle de d'Arrest (V. *Ast. Nach.* vol. 70, p. 342). La planche annexée offre un objet dans lequel il serait bien difficile à un bon astronome de reconnaître un dessin de la nébuleuse d'Orion. »

Avec la permission de l'illustre critique, nous présenterons quelques observations à ce sujet. D'abord il nous eût été bien agréable de savoir quelle est en particulier l'assertion du P. Secchi contre laquelle se dresse la *contradiction formelle* de d'Arrest. Chassé de l'Observatoire, nous n'avons plus les *Astronomische Nachrichten* cités par le critique, pour y trouver l'opinion de d'Arrest. Et puis, quelle conséquence peut-on tirer de cette contradiction, si elle existe réellement ? Pas d'autre, si non que d'Arrest et Secchi furent d'avis différents ou opposés sur tel ou tel point relatif à la constitution physique de la nébuleuse d'Orion. Je laisse aux savants de décider lequel des deux noms a le plus de poids dans la balance de la science, surtout dans une question si incertaine, comme le fait remarquer Secchi qui pendant tant d'années a étudié cette singulière nébuleuse et lui a consacré un mémoire étendu.

En outre, quiconque a tant soit peu examiné ces singuliers objets appelés nébuleuses, et a eu sous les yeux les dessins qu'en ont faits les plus grands astronomes, a dû être frappé de l'extraordinaire diversité de ces représentations. On dirait parfois qu'elles appartiennent à des objets différents ; ce qui peut en grande partie s'attribuer, selon la remarque du P. Secchi, aux forces inégales des lunettes. Dans les plus fortes, par exemple, on remarque que la mas e présente un aspect plus tranché que dans les moins fortes, sans nier cependant les contours indécis de ces corps.

On peut facilement vérifier cette indécision en observant les nébuleuses dans un ciel obscur et dans un ciel éclairé par la lune à ses diverses phases ; et cependant la trop grande force de la lunette peut la masquer complètement ; car chacun sait que l'on distingue mal les gradations dans une lumière forte, tandis qu'on les distingue bien dans une lumière plus faible : c'est pourquoi il ne faut pas dédaigner les instruments plus petits.

Enfin, quant à la rude observation du critique, à savoir que la planche annexée conduirait difficilement un bon astronome à y reconnaître un dessin de la nébuleuse d'Orion, je répondrai que (sauf un peu de dureté dans l'exécution, dureté qui ne se rencontre pas dans le grand dessin publié en 1868) M. Otto Struve, directeur de l'observatoire de Pulkowa près Saint-Pétersbourg, qui, certainement est un savant astronome, n'hésita pas à y reconnaître la nébuleuse ; et je me rappelle parfaitement qu'il l'observa longuement avec le P. Secchi et moi, à l'époque même où fut tracé ce dessin, et qu'il se trouva parfaitement d'accord avec nous sur la conformité de l'ensemble et des détails avec ce qu'on apercevait dans la lunette.

Suivent deux autres plaintes ; comme toujours, parce que le P. Secchi n'a pas fait mention des travaux de quelques astronomes que le critique eût désiré voir mentionner. Nous y avons déjà répondu plus haut.

A la page 233, il cite ainsi les paroles du P. Secchi : « Galilée fut le premier qui établit que les étoiles sont innombrables, lorsqu'il eut découvert que la voie lactée était composée de brillantes étoiles ; de cette manière il donna une réponse concluante à la question si souvent agitée de la nature de cette zone. » — Donc, s'écrie avec étonnement l'illustre critique, Galilée a résolu cette question qui est encore aujourd'hui agitée ! ...

Le critique abuse vraiment un peu trop de la confiance de ses lecteurs ! Il se persuade donc que sa parole et son nom suffiront à les convaincre et les forceront à reconnaître que l'ouvrage de Secchi est rempli de contresens et d'inexactitudes. Qu'il apprenne donc que, parmi ses lecteurs, il en est beaucoup auxquels est cher le nom de Secchi, et que si tous ne le peuvent, moi du moins qui pendant de longues années *fus le compagnon et l'ami de sa vie* (c'est ainsi que dans son testament me nomme mon vénéré maître) je puis et je dois accomplir le devoir sacré de venger son honneur outragé.

Voici d'abord les vraies paroles de Secchi, telles qu'elles se lisent au passage signalé par le critique :

« Le premier qui donna la grande nouvelle que les étoiles sont réellement innombrables fut Galilée, lorsqu'il énonça que la voie lactée était tout un amas d'étoiles, tranchant ainsi les questions nombreuses agitées jusqu'alors relativement à cette zone. »

On voit clairement tout d'abord combien est peu fidèle la traduction allemande ; *établir* et *donner une nouvelle ; découvrir* et *énoncer* ne sont pas synonymes; et enfin autre chose est de dire que *Galilée donna une réponse concluante à une question souvent agitée*, et autre chose est de dire avec Secchi : que Galilée trancha les nombreuses questions agitées *jusqu'alors* sur la nature de cette zone.

Si le critique avait, comme la justice le voulait, consulté l'ouvrage original du P. Secchi, il nous aurait épargné ses amers reproches et ses points d'exclamation et d'interrogation.

Ces deux seuls mots *jusqu'alors* enlèvent toute obscurité et je ne puis comprendre comment le traducteur allemand les ait rendus, en altérant ainsi complètement le sens, par les mots *si souvent*. N'avait-il pas à sa disposition l'expression *bis damals* qui a le même sens que l'italien *fino allora*, par laquelle en toute vérité on attribuait à Galilée la gloire qui lui revient, en même temps qu'on évitait l'absurde équivoque que, par cette découverte, il aurait résolu toutes les questions qui d'aventure pourraient quelque jour être soulevées touchant la nature de la voie lactée ?

Avant Galilée et son télescope, il était tout naturel que les philosophes et les savants n'eussent proposé sur la nature de la voie lactée que des conjectures plus ou moins probables. Citons-en quelques-unes. Aristote avança qu'elle était formée d'une substance occupant une région intermédiaire entre l'atmosphère terrestre et la région des étoiles ; Ptolémée dans son *Almageste* se tait absolument sur la nature de la voie lactée. Démocrite, au dire de Plutarque, aurait trouvé la véritable explication de son aspect. Il prétendit que la voie lactée était formée par une multitude de petites étoiles, si voisines entre elles que leurs lumières en se mêlant lui donnaient l'aspect d'une zone lumineuse. Manilius exprima une semblable opinion dans son poème *Astronomicon* quand il chantait :

An major densa stellarum turba corona
Contexit flammas et crasso lumine candet
Et fulgore nitet collato clarior orbis (1) ?

Copernic s'abstint prudemment de faire une allusion quelconque à la voie lactée dans son ouvrage classique sur les *Révolutions des corps célestes*. Tycho-Brahé supposa qu'elle était formée d'une substance nébuleuse, et telle fut aussi l'opinion de Kepler.

Qu'y a-t-il donc de si étonnant que Galilée, dirigeant son télescope vers cette partie du ciel, y vit dans sa réalité ce que ses prédécesseurs n'avaient pu que conjecturer avec plus ou moins de bonheur ?

Mais de ce que Galilée a vérifié le fait de l'existence d'innombrables étoiles dans la voie lactée, il ne suit nullement qu'il ait résolu toutes les questions qui, selon le critique, sont aujourd'hui agitées sur la nature de cette zone.

Que la voie lactée soit composée de myriades d'étoiles, personne n'en doute ; mais sont-elles disposées uniquement dans un plan et seulement

(1) Lib. I, v. 753-755.

voisines entre elles, ou bien sont-elles condensées sur une grande profondeur dans l'immensité de l'espace?

La solution fournie par les observations de Galilée n'a servi qu'à établir d'une manière indubitable l'existence d'innombrables étoiles dont l'ensemble forme la voie lactée ; et le P. Secchi n'a pas voulu dire autre chose. Qui ne voit, par conséquent, combien est injuste cette critique, qui d'ailleurs est tout à fait hors de propos, et ne peut que donner une idée du dépit mal dissimulé de celui qui l'a écrite ?

A la page 269, on attaque le P. Secchi parce que, en citant une de ses observations personnelles sur l'atmosphère de Vénus en 1856, il aurait négligé de mentionner les mesures faites par Maedler en 1847, et ce que d'autres astronomes ont ensuite établi à ce sujet.

Si le P. Secchi, dans l'endroit signalé par le critique, s'était proposé de traiter ce point spécial et d'exposer l'état de la science, certes, il aurait dû indiquer au moins les principaux travaux consacrés à ce sujet par divers astronomes ; mais le P. Secchi n'en parle qu'incidemment, et son thème principal est l'histoire du passage de Vénus sur le soleil au 9 décembre 1874 ; c'est à ce propos qu'il indique ce fait observé alors, que la planète a été vue, dans les plus forts instruments, entourée d'une auréole lumineuse s'étendant en dehors du disque solaire, et sensible non seulement dans le voisinage du soleil, mais même sur sa surface.

Là où le P. Secchi parle *ex professo* de l'atmosphère de Vénus, c'est-à-dire dans les Mémoires de l'Observatoire (1856-1857), et dans le *quadro fisico* du système solaire (1859), il ne manque pas de citer les travaux des autres en commençant par Schrœter qui le premier confirma (*Phil. Trans.* 1792) par ses propres observations l'existence de cette atmosphère, déjà soupçonnee dans les observations du passage de la planète sur le soleil en 1761 et 1769. Mais *non erat hic locus.*

Enfin à la page 285, le critique cite le passage suivant de la traduction allemande : « Je me rappelle ensuite que la lumière zodiacale, en mars 1843, pendant que la comète, à cause du voisinage de son périhélie, passait dans l'atmosphère solaire, brillait d'une clarté extraordinaire. Mais il est fort probable que cette augmentation de lumière fut produite par l'influence que la comète exerçait sur l'atmosphère. Ceci fournit une preuve, sans compter les autres, que la lumière appartient au soleil, bien que ses parties les plus faibles puissent quelquefois arriver jusqu'à la terre. »

Comment donc, s'écrie avec indignation le critique, peut-on laisser imprimer semblable chose dans un livre destiné au grand public ?

Qu'il se calme, de grâce, l'illustre critique, et qu'il relise le veritable texte du P. Secchi : « Nous nous rappelons ensuite, dit celui-ci, qu'en mars 1843 la lumière zodiacale parut extrêmement vive, lorsque la

comète de cette année, voisine de son périhélie, traversa l'atmosphère solaire. Il est extrêmement probable que cet accroissement de clarté dans la susdite lumière fut produite précisément par l'agitation amenée par la comète dans l'atmosphère de l'astre ; ce qui fournirait une preuve, sans compter les autres, que cette lumière appartient au soleil, bien que parfois elle puisse, par sa partie la plus ténue, arriver jusqu'à la terre. »

Vraiment, sur un sujet tel que celui de la lumière zodiacale, où tout est obscur et hypothétique dans l'état actuel de la science, nous qui appartenons aussi au grand public, nous ne voyons rien qui soit tellement étrange qu'on ne puisse l'imprimer ! Que l'illustre critique veuille bien prendre le tout récent ouvrage *Popular Astronomy*, du professeur Newcomb ; il y verra, à la page 258, que l'on assigne à la *couronne* solaire une hauteur comprise entre 5 et 15 minutes, c'est-à-dire entre cent et trois cent mille milles. En outre (p. 259), il y verra que la grande comète de 1843 passa à une distance de trois ou quatre minutes seulement de la surface solaire, et par conséquent au beau milieu de la *couronne*. Au moment de sa plus grande proximité, la comète avait une vitesse de 250 milles à la seconde. Enfin (p. 406), l'examen de son spectre qui semble constitué par une seule raie jaune, ferait penser que la *couronne* est formée d'un gaz incandescent. Là aussi il est dit que la lumière zodiacale s'étend quelquefois au delà de l'orbite terrestre. Voilà ce qu'on lit dans l'ouvrage de Newcomb.

Quelle merveille donc qu'une pareille comète, qui, le jour de son périhélie, fut aperçue en plein midi à Bologne, ainsi que par quelques navigateurs de la mer du Sud (v. Herschel *Outlines*, p. 368), ait pour ainsi dire augmenté l'éclat de ce gaz incandescent, et que son reflet se soit étendu dans tout l'espace occupé par la lumière zodiacale qui en est la continuation, et qui entoure l'orbite même de la terre dans le voisinage du plan de l'écliptique.

Parmi tant d'hypothèses, celle-ci est-elle donc si étrange? Selon le même professeur Newcomb, la lumière zodiacale (p. 406) ne serait autre chose que la lumière même du soleil réfléchie par un immense nuage de météorites circulant dans l'espace entre la terre et le soleil ; et dans ce cas, l'hypothèse du P. Secchi devient encore plus probable. Il est bon de noter que la traduction allemande a supprimé le mot *de l'astre* qui suit le mot *atmosphère*. Cette omission serait-elle la cause du scandale du critique, qui aurait compris de l'atmosphère terrestre ce qu'on disait l'atmosphère solaire ?

Le critique conclut enfin son travail en disant : « Cette récolte (glanure) qu'on pourrait facilement rendre plus abondante, suffit au lecteur pour juger du livre. » Je dirai plutôt, et il me semble l'avoir prouvé à l'évidence, elle suffira au lecteur pour se former une juste idée du venin caché et du dépit mal dissimulé d'une pareille critique. On a le cou-

rage de plaindre un P. Secchi de ce qu'il aurait entrepris un travail de ce genre sans une étude suffisante ! On critique les cartes célestes annexées; tout, en un mot, respire l'envie et le dédain. Faut il répondre à qui descend si bas ?

Le professeur Newcomb a agi bien autrement envers le P. Secchi. Dans sa classique *Astronomie populaire* publiée en 1878 à New-York, en traitant du soleil et de sa constitution physique, il cite à chaque page les observations du P. Secchi, reproduit ses dessins des taches et des protubérances, tirés de son important ouvrage *Le Soleil*, et publie *in extenso* une lettre écrite à sa demande, dans laquelle le P. Secchi fait connaître ses vues sur la constitution physique de cet astre. En parlant de la lune, il reproduit le dessin du cratère de Corpernic, publié par le P. Secchi en 1858 dans son *Quadro fisico del systema solare*. Enfin en énumérant les traités de divers auteurs sur des points spéciaux, parlant de l'ouvrage *Le Soleil*, après avoir mentionné les travaux de Proctor et de Lockyer, il s'exprime ainsi : « The latter is the most complete and beautifully illustrated treatise on the sun which has yet appeared (p. 547). »

L'ouvrage de Newcomb n'a paru qu'après la mort de l'illustre P. Secchi ; c'est pourquoi il m'appartient, à moi, son élève, d'exprimer en cette occasion mes plus sincères remerciements, comme témoignage de profonde gratitude, pour le noble exemple donné aux savants de toutes les nations par cet illustre fils de la généreuse Amérique !

St. Ferrari S J.

V

Les Études naturelles et la Bible (*Naturforschung und Bibel*, in ihrer Stellung zur Schöpfung ; eine empirische Kritik der mosaischen Urgeschichte) par Carl Güttler, docteur en philosophie, in-8° de VI-343 pp. Herder, Freiburg im Breisgau, 1877, 5 fr.

Le judicieux et utile ouvrage du docteur Reusch, intitulé *Bible et Nature*, avait jadis remporté en Allemagne la palme de l'apologie catholique dans les questions désignées par son titre. Mais l'auteur, depuis dix ans, s'est malheureusement égaré dans une secte présomptueuse pour laquelle il n'était point fait. La dernière édition de *Bible et Nature* est postérieure à cette affligeante défection et elle s'en ressent ; il en est de même d'un abrégé populaire que l'auteur a, plus récemment encore, donné de son livre. Une tendance marquée vers les opinions rationalistes dépare tristement cet opuscule, que l'on eût pu citer comme un petit

chef-d'œuvre, à ne considérer que la précision de la forme et la lucidité du style.

Une place restait donc vacante dans le domaine de la science orthodoxe, et le docteur Güttler l'a dignement occupée. Le livre dont nous rendons compte est l'œuvre d'un esprit juste et le fruit d'études sérieuses; il a mérité les éloges de la science catholique et rallié les suffrages de la plus saine partie des protestants.

Dans une introduction de quelques pages, l'auteur commence par réprouver un double excès : celui de certains croyants, assez étrangers aux sciences naturelles pour en traiter indistinctement tous les résultats d'illusions ou d'hypothèses creuses, et celui de ces savants dont l'orgueil incrédule rejette le récit biblique de la création parmi les légendes mythologiques. Quant à lui, c'est à la conciliation des enseignements de la foi avec les découvertes de la science qu'il consacre tout son travail. Sans prétendre qu'un parfait accord soit déjà manifeste entre les expressions de la Genèse et les résultats d'une science encore incomplète, il se propose de montrer qu'aucun résultat scientifique certain n'est en contradiction avec le texte sacré. Il croit sans hésiter que la Bible est inspirée dans toutes ses parties et ne peut renfermer aucune erreur scientifique, mais il n'admet nullement que toutes les vérités scientifiques aient été révélées aux auteurs sacrés, et en particulier à Moïse. Si quelques théologiens et même quelques naturalistes imbus de cette idée ont voulu puiser dans la Bible des arguments décisifs en faveur de telle ou telle théorie purement scientifique, c'est un abus individuel, dont l'Église n'est pas responsable.

Le corps de l'ouvrage est divisé en sept chapitres ayant respectivement pour titres : I. Formation de l'univers (Cosmogonie). II. Formation du globe terrestre (Géogonie). III. Les astres (Astronomie). IV. Le monde végétal et animal (Paléontologie). V. L'homme (Anthropologie : Matérialisme, Darwinisme, Théorie simienne, Unité d'espèce, Philologie comparée). VI. L'histoire primitive (Diluvium géologique et Déluge biblique). VII La chronologie (Antiquité de l'espèce humaine et Chronologie biblique). Chacun de ces chapitres est divisé en deux sections : dans la première, l'auteur résume, en homme très bien informé, les théories les plus avancées de la science contemporaine; dans la seconde, il les compare avec les données bibliques et montre que celles ci ne sont jamais en opposition avec aucun résultat certain des recherches naturelles.

Nous nous bornerons à résumer les vues et les arguments qui nous sembleront les plus dignes d'intérêt, sans cependant nous interdire çà et là quelques réflexions critiques.

I. *Cosmogonie.*

§ 1. La théorie cosmogonique de Laplace recrute un nombre croissant d'adhésions parmi les savants de nos jours : Güttler conclut un habile exposé des découvertes récentes qui lui prêtent leur appui par le tableau des concordances les plus frappantes entre les principes de cette théorie et les dernières conquêtes de l'astronomie physique, dues surtout au spectroscope. Il fait porter ces concordances sur cinq points :

1° A l'uniformité primitive de la matière universelle, admise par le système, se rapporte l'identité reconnue des éléments chimiques entre la terre et les astres.

2° L'extrême raréfaction de la matière primitive est représentée dans la nature actuelle par la constitution des comètes.

3° Un état moins raréfié ou un commencement de condensation est représenté par les nébuleuses gazeuses ;

4° Les centres de condensation de la nébuleuse primitive, par le soleil et les étoiles fixes ;

5° Les anneaux qui se détachent de cette nébuleuse puis se transforment en globes isolés, par l'anneau de Saturne et le système planétaire.

Nous aurions donc sous les yeux des témoins encore subsistants de toutes les phases de développement par lesquels le Cosmos a dû passer suivant Kant, Herschel et Laplace.

Un résumé si catégorique dissimule un peu les obscurités dont certains points restent enveloppés, comme l'atteste, par exemple, le partage des astronomes sur la constitution intime des comètes et des nébuleuses. Il reste vrai néanmoins que, dans l'état actuel de la science, la théorie cosmogonique de Laplace se présente comme une hypothèse très acceptable, et, si l'on veut, très vraisemblable.

§ 2. Que l'on confronte maintenant cette théorie avec le texte de la Genèse ; on ne trouve à les concilier aucune difficulté. « Au commencement, Dieu créa le ciel et le terre » : c'est tout ce que l'écrivain sacré nous dit de l'origine des choses ; en d'autres termes, la matière du monde n'est pas éternelle, et elle a été appelée à l'existence par l'action d'un être éternel et entièrement distinct d'elle-même. Or, bien loin de contredire aucune de ces deux vérités, la théorie de Laplace se tait sur la première et favorise la seconde. Elle se tait, comme toute théorie sérieuse empruntée aux sciences d'observation, sur l'origine première des éléments matériels; elle les suppose constitués dans un certain état élémentaire qu'elle prend pour point de départ, sans qu'aucun raisonnement ni aucun calcul permette à l'induction physique de remonter au delà. Quant à l'idée de l'action de Dieu sur la matière, elle est favorisée

par la théorie de Laplace, lorsque celle-ci invoque des actions extérieures à la nébuleuse primitive soit pour lui imprimer un mouvement de nature déterminée, soit pour créer en des points déterminés de la nébuleuse ces centres de condensation qui deviennent le pivot de toutes les évolutions ultérieures.

Signalons en passant comme une question qu'il serait intéressant de voir approfondir et préciser par les géomètres, celle du nombre et de la nature de ces actions extérieures, de ces *constantes arbitraires*, suivant l'expression mathématique, dont la théorie de Laplace ne peut se passer pour expliquer la série des transformations de la matière primitive.

II. *Géogonie.*

§ 1. « Après de longues années de débats entre le Neptunisme et le Plutonisme, nous arrivons seulement à l'entrée de la voie qui doit nous conduire à une solution satisfaisante. » Adoptant ces expressions d'un auteur tout récent (1) comme résumé fidèle de l'état de la science, Güttler en conclut que sa propre tâche se réduit ici à donner une notion sommaire des systèmes opposés.

Il raconte avec intérêt les origines des écoles neptuniste et plutoniste. D'autres écoles se partagent sur le mode d'action brusque ou lent des agents géologiques; il caractérise ingénieusement ces dernières par les épithètes de convulsionniste et de quiétiste.

S'en tient-il strictement, dans la conclusion de son exposé géogénique, à la neutralité qu'il annonçait vouloir garder entre les théories adverses ? Nous nous dispensons volontiers de le discuter de trop près, d'autant que cette conclusion conciliante est celle dont se rapprochent de plus en plus nos géologues français : à savoir, que les forces plutoniennes et neptuniennes ont coopéré au développement de la terre, et que c'est du feu qu'elle a reçu sa première formation, ainsi que le suppose la théorie cosmogonique de Laplace.

§ 2. Mais cette conclusion n'est-elle pas contraire au texte de la Bible? Quelques savants l'ont pensé, comme le géologue André Wagner, professeur, il y a vingt ans, à l'Université du Munich, et neptuniste ardent. Pour lui, l'action de l'eau est enseignée par l'Écriture à l'exclusion de celle du feu, et voici comment il le prouve : « Avec les plus anciens géologues du monde », s'écrie-t-il dans son enthousiasme, « avec Moïse, dis-je, et avec un autre sage de l'antiquité, lui aussi, d'un rare génie, l'apôtre S. Pierre, le neptunisme reconnaît que la terre *au sortir*

(1) Pfaff, *Histoire de la création géogénique*, 1877.

de l'eau, et au moyen de l'eau, a été façonnée par la toute-puissante parole de Dieu. »

Quelques exégètes, imbus des mêmes idées que ce naturaliste, ont aussi cru le plutonisme condamné par l'Écriture.

Mais la Bible, ainsi que l'observe sagement le Dr Güttler, n'enseigne en réalité ni le neptunisme ni le plutonisme. Sa mission de livre inspiré ne consiste pas à étendre nos connaissances profanes, ni à anticiper sur les recherches scientifiques; et, de fait, elle s'accorde à la fois avec le neptunisme et le plutonisme, car, en mentionnant l'action de l'eau, elle n'exclut nullement par là cette action antécédente du feu qu'admettent aujourd'hui la plupart des géologues.

Que si l'on demande raison du silence de la Bible au sujet de l'action du feu, notre auteur répond avec Reusch : « Toutes les actions qui ont porté sur l'intérieur du globe, comme toutes les transformations que la terre a pu subir antérieurement au premier jour de l'Hexaméron sortaient du plan de Moïse. Son but n'est point de composer un traité de géogénie scientifique complet et approfondi, mais de rapporter comment la terre a été préparée à devenir la demeure de l'homme. »

Rien n'est donc, en définitive, plus facile à s'expliquer que le silence de la Bible sur l'ère plutonienne de l'histoire du globe. Quant à ses indications positives sur l'ère neptunienne, elles s'accordent au mieux avec les données de la géogénie. Güttler montre, en effet, avec quelle simplicité celles-ci permettent d'interpréter : 1° les ténèbres qui enveloppent d'abord la terre; 2° l'apparition de la lumière; 3° la séparation des eaux en célestes et terrestres; 4° le rassemblement des eaux inférieures et l'apparition de la terre ferme. Toutes ces notions sont devenues trop familières aux lecteurs de la *Revue*, pour qu'il y ait lieu d'y insister.

Avouons seulement que sur le troisième point l'interprétation qu'adopte notre auteur nous paraît, contrairement à ses habitudes, un peu arbitraire et recherchée.

Les eaux célestes, les eaux supérieures au firmament, sembleraient désigner, pour lui, une partie de l'atmosphère primitive de la terre qui s'en détacha et rentra dans les espaces cosmiques, en suivant sans doute le mouvement de retrait de la nébuleuse de Laplace. Mais n'est-il pas beaucoup plus simple d'entendre que ces eaux sont les eaux proprement dites qui restent suspendues dans notre atmosphère, et que nous voyons s'en précipiter sous forme de pluie (1) ? Le firmament n'est plus

(1) Dans son 4e chapitre, Güttler se range finalement à cette interprétation plus simple. Nous laissons cependant subsister ici des réflexions qui portent sur une tendance à laquelle plusieurs interprètes contemporains nous paraissent trop enclins.

alors que l'atmosphère elle-même, ainsi que l'ont admis beaucoup de commentateurs, et non pas ces espaces interplanétaires ou interstidéraux dont la grande masse des lecteurs de Moïse a dû bien peu se préoccuper. Aujourd'hui même, en notre siècle de vulgarisation scientifique, l'élite du monde lettré n'est-elle pas seule initiée aux recherches des astronomes et des spectroscopistes sur ces espaces extraterrestres ?

En général, une interprétation du texte sacré est, à nos yeux, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus vraisemblable qu'elle est plus simple et plus populaire, plus accessible aux lecteurs de tous les pays et de tous les temps. Ces interprétations populaires pourront sans doute être précisées à quelques égards par les progrès de la science ; mais nous répugnerions à penser, à moins de preuves péremptoires, que la première notion vraie du sens d'un texte eût dû sortir d'une découverte réservée à un avenir, de trois mille ans postérieur à la rédaction du livre inspiré.

L'auteur signale encore dans ce chapitre la question des *jours de la création,* qu'il se réserve de discuter plus à fond, à propos des difficultés astronomiques (III) et paléontologiques (IV). Les anciens exégètes, dit-il, ont généralement attribué au mot jour le sens littéral de jour ordinaire de vingt-quatre heures, et cette tradition d'école conserve encore quelques adhérents. Cependant une interprétation plus libre est autorisée tout à la fois par des exemples tirés de la Bible et par des autorités patristiques anciennes et considérables ; les raisons de l'adopter sont aujourd'hui devenues si décisives que, s'il y a encore lieu d'hésiter, ce n'est plus guère que sur la manière dont on rendra compte de l'acception figurée attribuée au mot jour.

A cet effet, quelques-uns supposent que Moïse a reçu la révélation des œuvres de la création, sous forme de visions successives séparées par des intervalles d'obscurité. Les expressions, « il fut matin », « il fut soir », qui sont celles du texte hébreu, marqueraient le commencement et la fin de chaque vision, qui prendrait elle-même le nom de jour.

Mais il semble bien préférable d'admettre avec Haneberg (1), Pianciani(2), Baltzer(3), Reusch, etc..., que les périodes de la création sont nommées jours en tant qu'elles sont données pour types figuratifs aux jours de la semaine, en vue de cette loi positive que Moïse doit promulguer : Tu travailleras six jours, et tu te reposeras le septième. La conduite même de Dieu devient ainsi, suivant l'esprit de la religion parfaite, le modèle de celle qu'il prescrit à l'homme de tenir. On voit d'ailleurs que le point

(1) O. S. B. Professeur d'exégèse et de langues orientales à Munich † 1876 évêque de Spire.

(2) S. J. Professeur de physique au Collège romain † 1862.

(3) Professeur de théologie à la faculté catholique de Breslau † 1871.

capital du parallèle est bien plutôt l'idée de semaine que celle de jour : le nombre de six jours est donc essentiel, mais peu importe que ce nombre s'applique à des durées de secondes, de minutes, de milliers ou de millions d'années. La durée du septième jour, du sabbat divin, n'a évidemment rien de commun avec le jour astronomique ; pourquoi donc celle des autres jours ne serait-elle pas également indéterminée (1) ?

En adoptant ce système, Güttler incline cependant à y introduire un nouveau principe, celui de l'interprétation dite idéale, sur lequel il s'expliquera plus au long dans un chapitre suivant.

III. *Astronomie.*

§ 1. La Cosmogonie proprement dite était seule l'objet du premier chapitre. Celui-ci traite des autres questions astronomiques où l'on a cru trouver matière à des objections contre la Bible.

La découverte des révolutions des planètes et du double mouvement de la terre, puis les données les plus récentes acquises sur le monde sidéral, à la faveur de l'analyse spectrale, sont exposées dans la première section avec l'exactitude et l'intérêt habituels à l'auteur dans les résumés de ce genre.

§ 2. Dans la seconde section, il signale deux reproches principaux adressés à la Bible au nom de l'astronomie : 1° celui d'enseigner le système géocentrique de Ptolémée qu'a justement renversé le système de Copernic ; 2° celui de placer la création du soleil après celle des plantes, lesquelles ne pouvaient cependant se passer de sa lumière. D'autres critiques secondaires portent sur les cinq jours départis à la création terrestre, alors qu'un seul jour est réservé à la création des astres, sur le rôle subalterne de signaux et de luminaires attribué, suivant l'opinion vulgaire, à des astres dont plusieurs surpassent de beaucoup les dimensions de la terre, etc.

Cette dernière objection est complètement résolue par une observation déjà faite sur le point de vue spécial auquel se place Moïse. La précédente s'évanouit du moment où l'on admet que la création de la matière universelle est exprimée dès le premier verset de la Genèse, et que l'évolution cosmogonique de cette matière a dès lors son origine.

Quant aux difficultés tirées de l'histoire de Josué contre le mouvement de la terre, la réponse est devenue aussi banale que l'objection.

(1) C'est le lieu de rappeler une importante remarque empruntée au manuel biblique de M. Vigouroux dans le précédent numéro de la *Revue* (p. 284 : « On ne peut exprimer en hébreu, l'idée d'époque ou de période que par le mot *yôm* (jour), parce qu'il n'en existe pas d'autre en cette langue pour rendre cette idée. »

Rien d'ailleurs ne montre plus clairement à quel point notre système astronomique est compatible avec la Bible que la foi chrétienne si notoire des Copernic, des Galilée, des Képler et des Newton.

La difficulté relative aux plantes créées avant le soleil est un peu plus délicate. On y échappe entièrement, il est vrai, par le mode d'interprétation dit idéal (ou idéaliste) qui fait abstraction de l'ordre chronologique dans l'œuvre des six jours ; mais il ne paraît pas nécessaire de recourir à ce système. En effet, ce n'est pas précisément le soleil, mais la lumière qui est indispensable à la vie des plantes. Or, selon la théorie de Laplace, la lumière existe et abonde au sein du système solaire longtemps avant que ce système ait reçu sa constitution définitive. La lumière subsiste dans la partie centrale de la nébuleuse alors que la terre s'en est séparée, et que, par l'effet du refroidissement, elle est devenue un globe sombre enveloppé d'épaisses vapeurs. Tel est l'état du globe terrestre au moment du chaos décrit par le second verset. Le *fiat lux* du premier jour peut s'entendre de la pénétration de la lumière extérieure jusqu'à la surface de la terre par suite d'une atténuation des vapeurs de l'atmosphère ; l'œuvre du quatrième jour correspondrait au moment où la transparence croissante de l'atmosphère devient enfin assez parfaite pour laisser resplendir à la surface de la terre le disque du soleil définitivement constitué.

Et que l'on ne regarde point ces explications comme des violences faites au texte sous la pression des théories scientifiques. Tous les éléments s'en trouvent déjà dans les Pères des premiers siècles. A ceux que cite Güttler : Origène, S. Basile, S. Césaire d'Arles, les lecteurs de la *Revue* (1), savent assez qu'on en pourrait ajouter plusieurs, et de non moindre autorité, S. Grégoire de Nysse en particulier, dont les Commentaires sur l'Hexaméron sont des plus remarquables au point de vue même de l'esprit scientifique.

IV. *Paléontologie.*

§ 1. « C'est bien avec la Paléontologie, » dit notre auteur au début de son quatrième chapitre, « que le procès intenté à la Bible est le plus difficile à régler. Il n'en est que plus important de distinguer sévèrement ici les faits certains, reposant sur l'observation, de ce qui est simplement opinion et hypothèse. »

Pour procéder à cette distinction, Güttler retrace d'abord l'histoire de la paléontologie, puis, résumant, au point de vue des rapports avec la Bible, l'état actuel de cette science, il réduit tout aux deux propositions suivantes :

(1) Cf. T. VI, pp. 45 et suiv.

1° Depuis la première origine de la vie organique, les animaux et les végétaux ont existé sur la terre.

2° Depuis les plus anciennes formations jusqu'aux plus récentes les formes organiques vont s'approchant des formes actuelles par une progression qui s'élève du moins parfait au plus parfait.

Ces principes ne doivent cependant pas être pris dans un sens trop absolu. — Au sujet même du premier on serait admis à faire une réserve que Güttler passe sous silence. Peut-on *affirmer* sans hésitation que les végétaux n'aient nulle part préexisté aux animaux ? La preuve n'en paraît faite que par les arguments négatifs, toujours sujets à caution. — Mais il est surtout important de remarquer, comme le fait l'auteur, au sujet du second principe, que la loi du progrès organique, vraie dans l'ensemble, ne l'est pas également dans tous les détails.

L'époque et l'ordre même d'apparition successive des divers groupes de la classification botanique ou zoologique ne nous sont sans doute pas connus d'une manière définitive ; plus d'une fois déjà les idées admises pour un temps ont été modifiées par de nouvelles découvertes.

Quant au mode de destruction des anciennes flores et faunes qui se sont succédé sur notre globe, il y a partage de vues entre les *quiétistes* et les *convulsionnistes*, ceux-ci faisant dominer les cataclysmes généraux et violents, et les autres admettant presque toujours un mode d'extinction paisible et graduel pour les espèces comme pour les individus.

En un mot, ce sont des données encore indécises sur plusieurs points, bien qu'arrêtées dans certaines grandes lignes que la paléontologie nous appelle à comparer avec le texte biblique.

§ 2. Entre le témoignage de la science et celui de la révélation, voici le premier contraste : la Bible énonce clairement (à ce qu'il semble du moins), que Dieu a d'abord créé les plantes, puis les habitants des eaux et de l'air, enfin les animaux terrestres. La paléontologie enseigne au contraire l'apparition simultanée des plantes et des animaux, puis leur progression simultanée et graduelle vers des types de plus en plus perfectionnés. A cette difficulté s'en rattache une autre de nature astronomique déjà signalée au chapitre précédent. C'est la priorité que la Bible paraît attribuer à la création des végétaux sur celle des astres.

Ces deux difficultés ont exercé les efforts des exégètes les plus éminents, et les divers systèmes de conciliation imaginés par eux se ramènent à quatre classes :

1° Parmi les théologiens qui croient devoir tenir ferme pour les jours de vingt-quatre heures, quelques-uns veulent rejeter après le déluge biblique toutes les périodes paléontologiques et les renfermer ainsi dans

un petit nombre de siècles. Il n'y a pas lieu d'insister sur ce système, dont les rares défenseurs se montrent vraiment aveugles aux caractères patents des faits géologiques, et prouvent qu'ils ne les ont jamais observés de leurs yeux. Ils pèchent manifestement, dit Güttler, par défaut d'*autopsie*.

2° Une seconde classe d'exégètes rejettent, tout au contraire, les périodes géologiques dans un intervalle de durée indéfinie qu'ils admettent entre le premier verset de la Genèse et la création de la lumière. L'Hexaméron proprement dit commence pour eux avec le *fiat lux* du 3e verset. Le chaos du second verset est à la fois le tombeau de la dernière époque géologique antérieure à la création d'Adam et le berceau de cette nouvelle restauration, seul objet de l'Hexaméron, qui prépare immédiatement la terre à devenir la demeure de l'homme. Ce système est celui de Buckland (1), Wiseman (2), Kurtz (3), Heinrich Schubert (4), Andreas Wagner (5) ; Kurtz et ceux qui sont nommés après lui attribuent le bouleversement du chaos aux anges déchus et chassés du ciel.

Cette opinion a contre elle : 1° une sorte de violence qu'elle paraît faire au sens obvie du texte, où rien ne donne à soupçonner les créations organiques antérieures à l'Hexaméron ; 2° et plus encore, l'impuissance à laquelle ses partisans sont désormais réduits de la faire cadrer avec les faits ; car on ne voit plus comment ils pourraient trouver dans la série des formations géologiques, une place quelconque pour le chaos, c'est-à-dire, suivant eux, pour le bouleversement général décrit au second verset. Cette théorie, dite de restauration, se greffait bien sur la théorie géologique des révolutions du globe préconisée par Cuvier ; mais elle doit partager le sort infligé à celle-ci par les progrès de la science.

3° Cuvier lui même se rangeait, avec Marcel de Serres, à un troisième mode d'interprétation, dit concordiste, auquel adhèrent aujourd'hui la plupart des exégètes plus ou moins versés dans les connaissances géologiques. L'idée mère en est empruntée au parallélisme général qui se manifeste entre la série des œuvres attribuées par Moïse aux six jours de la Genèse d'une part, et, d'autre part, la série communément admise des phénomènes géogéniques continuée par celle des anciennes créations organiques. Pour bien apprécier ce parallélisme, il faut seulement remarquer, selon Marcel de Serres, que le texte sacré ne prétend nulle-

(1) Doyen de Westminster-Abbey et professeur de géologie à Oxford † 1800.

(2) Cardinal archevêque de Westminster † 1865.

(3) Professeur de théologie à la faculté protestante de Dorpat.

(4) Professeur d'histoire naturelle à Munich † 1860.

(5) Professeur de zoologie et paléontologie à Munich † 1861.

ment nous rendre un compte détaillé des origines de la terre, mais seulement esquisser les contours généraux et caractéristiques de chacun des jours de l'Hexaméron.

A cette observation d'ensemble, qui ne suffirait point pour éloigner tout embarras dans l'application du système, l'allemand Ebrard (1) en ajoute une autre. Pour expliquer le choix des traits caractéristiques attribués par Moïse à chacun de ses six jours, Ebrard demande qu'on tienne compte non seulement de la nature des fossiles propres à chaque époque géologique, mais aussi de leur abondance, et que dans la série des aspects qu'a successivement revêtus la terre, on s'arrête seulement aux plus saillants Le premier monde vivant, dit-il, qui surgisse *en masse* après la séparation des terres et des eaux est un monde de plantes, celui de l'époque carbonifère, laquelle correspond ainsi au troisième jour. Après une période de pauvreté relative, le monde animal pullule *en masse* à son tour, dans les eaux triasiques et jurassiques; avec ce monde aquatique, les grands sauriens ailés et les oiseaux, dont les restes se conservent plus difficilement, complètent la création du cinquième jour. Le sixième correspond aux temps tertiaires qui sont l'ère par excellence des animaux terrestres, et notamment des grands mammifères.

Ces idées d'Ebrard lui sont communes avec la plupart des adeptes du système concordiste. Elles n'en soulèvent pas moins certaines objections. La faune silurienne et dévonienne, par exemple, constitue un monde organique, antérieur à la végétation carbonifère et déjà très développé : cependant Ebrard admet qu'il est passé sous silence. Notre auteur, pour son propre compte, argumente surtout contre un parallélisme qui lui paraît artificiellement établi entre les 3e, 5e et 6e jours de la création et la nomenclature à trois termes des terrains paléozoïques, mésozoïques, cénozoïques. Le géologue de profession, n'attribue, dit-il, à ces grandes divisions qu'une importance très secondaire.

Sans être, à dire vrai, très frappé de cette objection, nous n'en sommes pas moins disposé à reconnaître un perfectionnement réel du système concordiste dans une certaine combinaison que Güttler en fera plus bas avec un quatrième système dit idéaliste dont il expose d'abord les principes.

4° Les partisans les plus avancés de ce système pourraient, jusqu'à un certain point, invoquer saint Augustin comme leur plus illustre patron. Leur idéalisme n'est cependant point identique à celui du grand docteur; mais ils s'accordent avec lui pour rejeter l'acception strictement littérale

(1) Professeur de théologie à la faculté protestante d'Erlangen. Il n'est point le premier auteur de l'opinion pour laquelle Güttler le cite, mais il en est peut-être le premier représentant en Allemagne.

non seulement des *jours* de la création, mais aussi de leur ordre de succession chronologique (1).

« Est-ce avant ou après l'apparition des végétaux que le soleil s'est dévoilé dans tout son éclat ? La création animale des 5e et 6e jours a-t-elle suivi la création végétale du 3e ou bien marché de front avec elle ? Quelle a été la durée de ses périodes ? Quels ont été leurs empiétements mutuels ? Tous ces points sont, pour la Bible, d'une importance très secondaire. Sa fin essentielle étant de nous apprendre que Dieu seul est l'auteur de l'univers entier, elle met cette vérité en plus grand relief par la distinction des actes créateurs, et elle en distingue six pour nous montrer un type de la semaine de travail que l'homme doit couronner par le repos religieux du septième jour. Tels sont, » dit Güttler, parlant au nom des idéalistes, « tels sont les vrais points fixes auxquels l'interprétation doit solidement s'attacher. »

Michelis (2), cité comme le premier champion de l'idéalisme moderne, apporte à l'appui de son système la comparaison suivante : « De deux auteurs, écrivant chacun de leur côté l'histoire de Charlemagne, l'un pourrait adopter un ordre strictement chronologique où les événements les plus disparates, guerres, traités, lois, travaux publics, voyages, affaires de famille se succéderaient dans une bigarrure complète. L'autre écrivain pourrait tout aussi bien traiter le même sujet suivant une série de grands points de vue logiques; il pourrait, par exemple, considérer Charlemagne tour à tour comme homme d'état, comme législateur, comme chrétien, comme père de famille etc., et cette méthode ne porterait aucun préjudice à la vérité historique. »

Michelis, sous le bénéfice de ces réflexions, s'efforce de ramener le récit biblique de la création à un plan symétrique de deux séries de trois jours, entre lesquelles il fait ressortir un parallélisme assez remarquable. Le même parallélisme à peu près avait d'ailleurs été signalé par les anciens auteurs ecclésiastiques et formulé par saint Thomas dans la distinction bien connue des deux sortes d'œuvres : *Opus distinctionis* et *Opus ornatus*. Nous nous arrêterons encore moins que Güttler à d'autres principes plus subtils, trop subjectifs et trop arbitraires, sur lesquels Michelis lui-même et quelques idéalistes, ses compatriotes, ont essayé de faire rouler l'ordonnance du récit biblique.

Beaucoup plus dignes d'intérêt sont à nos yeux les considérations suivantes d'un autre partisan de l'interprétation idéale, le Dr Schultz (3), bien qu'il nous paraisse les suivre trop loin.

(1) Cf. Cosmogonie biblique. *Revue*, t. VI, pp. 60 et suivantes.
(2) Professeur de théologie à la faculté catholique de Breslau.
(3) Professeur de philosophie à Braunsberg, encore vivant.

Son point de départ est une idée depuis longtemps émise par Hugh Miller (1) et rappelée par plusieurs autres apologistes, mais que Schultz développe à un point de vue nouveau. L'histoire de la création, remarquait Miller, a cela de commun avec une prophétie, qu'elle a dû être l'objet d'une révélation proprement dite; car le passé inaccessible auquel elle se rapporte n'échappe pas moins que l'avenir à la connaissance naturelle de l'homme. De cette analogie entre les objets, d'autres analogies doivent s'ensuivre dans le mode d'inspiration et dans le style des auteurs sacrés. Or le style prophétique, reprend Schultz, comporte rarement l'indication précise des temps et des lieux. Les prophètes ont plutôt coutume de représenter comme en raccourci, en perspective et dans un cadre très limité, la réalisation de plusieurs grandes idées divines ; de là résulte que, dans leurs tableaux, certaines séries de faits et d'événements qui s'enchaînent aux yeux de leur esprit par des rapports idéaux, paraissent au contraire séparés et disjoints lorsqu'on les envisage du dehors. Or, un tel mode d'exposition, si on l'admet dans le premier chapitre de la Genèse permettra d'attribuer aux *jours* un sens tout à fait indéterminé, et par conséquent de regarder les divers actes de la création comme se poursuivant simultanément et de front. Tout embarras disparaît ainsi relativement à un ensemble de faits considérables au point de vue géologique et parfaitement acquis à la science tel qu'est le développement parallèle et simultané soit des reliefs du globe terrestre, soit des faunes et des flores successives dont les fossiles nous révèlent l'existence.

Beaucoup de lecteurs penseront sans doute comme nous que l'idéalisme poussé jusqu'à ce point, jusqu'à l'abandon complet du principe chronologique dans l'Hexaméron, est un système qui passe le but. Nous ne voudrions point dire, cependant, qu'il allât, comme l'idéalisme d'Origène et de plusieurs Alexandrins à ruiner dans les autres parties de la Genèse tout caractère historique. Pour écarter partout le sens littéral, les Alexandrins n'ont d'autre motif que leur principe arbitraire d'allégorisme universel, tandis que, pour justifier le sens métaphorique attribué au mot jour et à l'énumération des six jours, les idéalistes tels que Schultz apportent une raison particulière à ce cas, très sérieuse, très vraisemblable, adoptée par beaucoup d'autres exégètes étrangers à leur école. Güttler a rappelé plus haut cette raison tirée du caractère typique de l'Hexaméron divin.

Quant à l'ordre général des œuvres départies à chacun des six jours, Schultz en rend compte par un principe *d'individualisation* croissante, sur lequel nous n'insistons pas. Pour l'anomalie du quatrième jour il

(1) Géologue écossais, † 1856.

propose une explication qui plaît au moins par la simplicité : la végétation, dit-il, est rattachée à la terre parce qu'elle ne pouvait être mentionnée plus à propos; puis, après la formation des astres, l'activité créatrice redescend vers la terre en passant par l'air et les eaux et en peuplant ces éléments des animaux qui leur sont propres.

Güttler auquel nous empruntons ce résumé trouve bien quelques réserves à faire sur ce point du quatrième jour, qui lui paraît le nœud gordien de l'Hexaméron. « Du reste, » conclut-il « l'interprétation de Schultz se distingue par sa simplicité et sa brièveté; et, somme toute, elle peut suffire pour tranquilliser le croyant sur les prétendues contradictions entre la science et la Genèse. »

Notre auteur ne désespère pourtant point de faire avancer l'exégèse d'un pas de plus dans cette voie des approximations successives, qui peut seule, en un tel sujet, la conduire à son terme définitif. Aux chrétiens qui voudraient se prévaloir de ces incertitudes prolongées, il donne à méditer quelques belles réflexions du géomètre Euler (1) sur les obscurités inhérentes aux sciences mêmes les plus rigoureuses; puis il propose sa propre interprétation du 1er chapitre de la Genèse. Nous sommes heureux d'y pouvoir souscrire presque de tout point, y trouvant fusionnées, avec à peu près autant de succès qu'on puisse actuellement s'en promettre, la plupart des vues judicieuses émises jusqu'ici par les apologistes et autres savants chrétiens.

Le nom de *théorie concordiste idéalisée,* que le Dr Güttler propose lui-même pour sa tentative, en indique en effet très bien les caractères distinctifs. Elle est concordiste dans l'ensemble, et se donne ainsi l'avantage de conserver son sens obvie à cet ordre de succession chronologique si saillant dans le texte de la Genèse. Mais cette théorie concordiste est idéalisée en tant qu'elle recourt aux principes des idéalistes pour admettre et pour expliquer, *dans certaines parties du texte,* quelques dérogations à la rigueur chronologique.

A l'appui de cette théorie plus modérée, Güttler pourrait, ce nous semble, invoquer avec plus de justesse que Michelis et Schultz les arguments tirés par ces auteurs de la méthode historique et du style prophétique. Est-il un historien qui, pour avoir adopté en principe l'ordre chronologique, s'y conforme si servilement que jamais il ne se laisse influencer *dans quelques détails* par les affinités naturelles des événements ou des réflexions ? Et s'il est constant d'ailleurs que, dans le style prophétique, l'attraction mutuelle des idées agit avec une liberté particulière pour en opérer le groupement et la condensation, sera-t-il difficile d'expliquer par de tels principes, non plus l'ordonnance générale, mais un ou deux points particuliers du tableau de la création ?

(1) Défense de la révélation contre les esprits forts, nos 39 et 40.

Notre auteur résume au reste toute son exégèse dans la synopsis suivante, que nous reproduisons intégralement :

La Science.	La Bible.
Au commencement nous trouvons la matière informe dont se orme le Cosmos (la terre d'une part, et de l'autre le ciel ou tout ce qui n'est point la terre).	Au commencement, Dieu créa le ciel et la terre.
Le globe brûlant de la terre était dénué d'êtres vivants et enveloppé d'une épaisse atmosphère de matière primitive, à l'état de gaz ou de vapeurs qui par leur précipitation engendrèrent le magma neptunien primitif.	Mais la terre était déserte et vide ; les ténèbres couvraient la face de l'abîme, et l'esprit de Dieu planait sur les eaux.
Par suite de cette atténuation de l'atmosphère, la lumière diffuse issue des corps célestes pénètre jusqu'à la surface du globe et commence à l'éclairer.	Et Dieu dit : que la lumière soit, et la lumière fut.
Mais d'épais amas de vapeurs ramènent les ténèbres primitives jusqu'à ce que la lumière, sortant victorieuse de ce combat, illumine constamment l'un ou l'autre hémisphère terrestre.	Et Dieu sépara la lumière des ténèbres,
	et nomma la lumière jour, et les ténèbres nuit.
D'une partie des éléments gazeux et des vapeurs se constitue l'air respirable normal, tandis qu'une autre partie, à l'opposé de cette atmosphère gazeuse, se condense et se précipite en masses liquides.	Et Dieu fit le firmament et sépara les eaux inférieures au firmament des eaux supérieures au firmament.
La formation des roches primitives azoïques, produit la distinction de la terre ferme et des mers, d'où naît dans le cours des périodes géologiques le développement du relief topographique.	Et Dieu dit : Que les eaux qui sont sous le ciel se rassemblent, et que l'aride apparaisse. Et Dieu nomma terre l'aride et mers les amas formés par les eaux.
Une première végétation prend naissance.	Et Dieu dit : Que la terre produise de la verdure et des herbes portant semence, et des arbres

D'autre part les opérations cosmiques se sont achevées et la lumière s'est concentrée dans le soleil et les étoiles.

La végétation et les astres réalisant alors les conditions d'existence de la vie animale, celle-ci se développe, en même temps que le monde végétal, suivant une progression déterminée :

Animaux aquatiques,	Acotylédones,
Reptiles et oiseaux,	Monocotylédones,
Animaux terrestres,	Dicotylédones.

portant fruit; et la terre les produisit.

Et Dieu fit les deux grands luminaires, l'un plus grand pour présider au jour, l'autre moindre pour présider à la nuit et les étoiles.

Et Dieu créa :

les animaux aquatiques, et tous les êtres rampants et ailés, et les quadrupèdes (hauts et bas sur jambes) et les animaux des champs.	Verdure, (Végétaux cryptogames), Herbes portant semence; Arbres portant fruit.

Les deux tableaux partiels qui terminent les deux colonnes de la synopsis générale, ne renferment, selon la pensée de l'auteur, qu'une seule et même classification, formulée, d'un côté, en termes plus brefs et plus scientifiques, de l'autre, dans les termes mêmes de la Bible.

Il est clair d'ailleurs que, dans l'une ou l'autre forme de cette classification, nous ne devons voir qu'une indication générale de l'ordre suivant lequel se sont succédé ou correspondu les principaux types d'êtres organiques. Mais l'observation essentielle, au point de vue spécial de notre auteur, est celle-ci : pour obtenir, du côté de la Bible, le parallèle voulu avec les résultats de la science, il est obligé de reproduire, à côté du texte correspondant aux cinquième et sixième jours, cette énumération des principales catégories de plantes que la lettre rattache à l'œuvre du troisième. C'est donc en ce passage critique du troisième jour qu'il propose d'admettre, dans le récit de Moïse, une dérogation à l'ordre chronologique. Elle consiste en ce qu'à l'occasion des premiers végétaux créés, Moïse aurait aussitôt mentionné par une sorte de concomitance, tous les autres types du même règne, bien que les plus élevés d'entre eux ne dussent faire leur apparition qu'avec les animaux des cinquième et sixième jours. Nous ne voyons rien dans cette exégèse qui doive porter ombrage à l'orthodoxie la plus scrupuleuse, rien non plus qui se rattache nécessairement aux théories idéalistes qui, de fait, ont mis notre auteur sur la voie de son idée.

Mais n'est-ce pas dans le texte une autre dérogation plus grave à l'ordre naturel des œuvres, que la seule priorité donnée à la création des *premiers* végétaux sur celle des astres ? Non, si nous admettons comme l'usage de la langue et l'exemple des Pères nous y autorisent, que cette

dernière création doit s'entendre d'un simple dévoilement des astres provenant d'une dernière épuration de l'atmosphère. Les végétaux inférieurs, en effet, les premiers créés, ont fort bien pu se contenter pour leur développement de la lumière diffuse que la terre recevait déjà antérieurement au quatrième jour.

Enfin pour n'omettre aucun aperçu relatif à ce point du texte qui l'a tant préoccupé, Güttler rapporte encore encore l'idée suivante de Zollmann, inspirée par un passage de Bichat : Si l'établissement du cours régulier des astres précède immédiatement dans le texte la création animale des cinquième et sixième jours, c'est qu'il est en effet la dernière condition préalable requise pour la vie des animaux supérieurs ; il est essentiel à celle-ci de se dérouler à travers des alternatives de veille et de sommeil correspondant à celles du jour et de la nuit, tandis que, nuit et jour enraciné dans le sol, le végétal en tire en même temps que de l'atmosphère les aliments dont il se nourrit : telle serait la vue cosmologique, simple et profonde que Moïse aurait signalée par le seul rang donné dans son récit à l'œuvre du quatrième jour.

Sans décider plus que ne le fait Güttler de la valeur de cette réflexion, nous bornerons ici l'analyse du chapitre de son livre où la Bible tient la plus grande place ; et pour respecter les bornes d'un article bibliographique, nous renverrons au numéro prochain la seconde partie de l'ouvrage.

La fin prochainement.

P. de Foville
Prêtre de Saint-Sulpice.

VI

Distribution géographique des mousses de France, par M. l'abbé Boulay. Paris, Savy 1877, 1 vol. in-8.

Il est bien peu de contrées dont la flore soit plus complètement connue que celle de la France. Les publications locales, les bulletins des sociétés savantes, les travaux particuliers fourniraient à celui qui voudrait aujourd'hui entreprendre la révision de la flore de notre pays, une quantité de matériaux dont n'ont pu disposer les savants auteurs de la *Flore de France*.

Il reste pourtant encore beaucoup à faire. Il est certain, en effet, que si l'on connaît en détail la nature spécifique de nos végétaux phanérogames, on peut affirmer que notre flore cryptogamique est presque entièrement à faire. On connaît beaucoup d'espèces, on sait à peine où

les chercher ; on ne connaît pas ou presque pas les conditions de leur vie. Pourtant on déchire tous les jours davantage le voile qui nous cache l'histoire des végétaux inférieurs, et il est devenu possible d'en tracer des ébauches ; mais que de découvertes restent à faire pour que nous puissions considérer le travail comme accompli ! Il suffit encore de chercher dans n'importe quelle direction pour faire des découvertes ; c'est assez dire combien on est loin d'un résultat définitif. Cependant on peut dire que plus on s'élève dans la série des végétaux, plus les conditions de la vie et la distribution géographique sont connues.

M. l'abbé Boulay a beaucoup contribué, par ses recherches sur la distribution géographique des mousses en France, à combler une lacune importante. L'ouvrage de M. Boulay a, en effet, une portée bien plus grande que ne le ferait croire le modeste titre de son livre ; l'auteur a réellement appliqué à la région française les résultats de ses longues recherches ; mais ces résultats ont un intérêt général et pourront s'appliquer à n'importe quelle région. Si l'on pouvait commencer l'analyse d'un ouvrage de cette valeur par un reproche, je n'hésiterais pas à dire que le titre m'en paraît trop restreint, qu'il n'indique pas suffisamment l'importance du travail. Ce regret, je l'ai entendu formuler bien des fois au sujet de la *Flore des muscinées de l'Est*, où le savant bryologue a réuni les documents les plus précieux sur la flore des muscinées de France, et qui est considéré aujourd'hui comme le meilleur ouvrage *général* sur notre flore bryologique.

Après beaucoup d'autres, je souhaite que la prochaine édition de ce bel ouvrage porte un titre nouveau, plus en rapport avec son importance.

La distribution des mousses à la surface de la terre est la résultante de causes diverses ; les unes, antérieures à l'état actuel de notre planète, qu'on peut appeller *historiques ;* les autres, agissant encore aujourd'hui et continuant leur action, ce sont les causes *actuelles*.

Les causes historiques ont cessé d'agir sans laisser de traces écrites de leur action ; elles échappent donc à nos recherches.

Quant aux causes actuelles, elles peuvent être inhérentes à chaque espèce ; les moyens de propagation spéciaux à chacune d'elles font partie de ces causes inhérentes spécifiques. Nous les nommerons les causes internes. Cherchons d'abord à distinguer les principales.

Il arrive souvent chez les végetaux phanérogames que la tige, étant trop faible pour se soutenir par elle-même, s'incline, prend une position horizontale, développe des racines adventives et devient traçante ; le lierre terrestre, les ronces et beaucoup d'autres plantes sont dans ce cas. Cette disposition se produit aussi chez les mousses ; on la retrouve dans les *Mnium*, les *Hypnum* etc. Ces mousses stolonifères sont généralement bien plus répandues que les autres ; leur reproduction végétative est

ordinairement beaucoup plus abondante que leur reproduction par spores.

Du reste la forme de ces organes de reproduction purement végétative varie énormément : *Leucobryum*, *Dicranum pogonatum*, etc. Il est bien peu d'espèces qu'il faille considérer comme réellement annuelles.

C'est ainsi que beaucoup de mousses suppléent à l'absence presque constante de spores. A côté d'espèces exceptionnellement sporifères, comme le *Ceratodon purpureus*, il en est beaucoup d'autres qui sont toujours stériles. Sur 600 espèces répandues en France, il y en a 41, soit 7 0/0 qui n'y fructifient jamais ; 21 d'entre elles n'ont été trouvées fertiles en aucun point du globe. Il faut nécessairement à ces espèces d'autres modes de reproduction, car beaucoup d'entre elles sont communes. Presque toutes les espèces connues dans les pays tempérés tendent à occuper toutes les stations qui leur conviennent ; aussi l'aire d'extension des espèces est-elle généralement bien plus considérable que chez les phanérogames. C'est ainsi que les mousses de notre région méditerranéenne se trouvent au cap de Bonne-Espérance, que la plus grande partie de celles qui habitent les régions siliceuses des Vosges se retrouvent aussi dans les contrées septentrionales de l'Europe, et qu'enfin, tandis que 15 p. c. des phanérogames d'Europe se rencontrent dans l'Amérique du nord, la proportion des mousses communes à ces continents est de 37 p. c.

C'est là une manifestation d'un fait que toutes les découvertes récentes tendent à généraliser : plus les végétaux occupent une position inférieure dans la série, plus leur extension est vaste. La flore des algues marines présente les plus grands rapports entre les mers tropicales et les mers boréales, les diatomées de la Nouvelle-Zélande sont spécifiquement identiques pour la plupart avec les espèces des côtes du Groënland. On observera sans doute un jour des faits analogues pour les champignons, car on les a déjà constatés dans des régions plus restreintes.

Les causes externes sont de deux sortes : le support et le climat.

L'étude du support fournit aux bryologues un ample sujet de dissertation relativement à l'application de la théorie de Thurmann. Il paraît, en effet, incontestable qu'il y a des mousses absolument, exclusivement silicicoles, qui ne se rencontrent jamais ailleurs. M. Boulay, en profond connaisseur des mœurs de ces plantes, en cite une longue liste. La plupart sont du reste fort communes dans ces localités siliceuses. Il discute avec rigueur la théorie de Thurmann au point de vue spécial des mousses.

Il montre que, parmi les mousses qui recherchent les stations sèches, les unes habitent exclusivement les roches calcaires, les autres les roches siliceuses. Nous ne pouvons suivre l'auteur dans tous les détails de son

argumentation ; le résultat auquel il est conduit, c'est que presque toutes les espèces étudiées ne manifestent en réalité vis-à-vis du terrain qu'une seule exigence ; il faut aux unes des terrains siliceux, aux autres des terrains calcaires. Il en est de même pour les espèces des argiles et des sables ; la nature chimique paraît la condition essentielle qui règle leur mode de dispersion.

Il y a pourtant des espèces communes, qui préfèrent tel ou tel terrain sans s'y trouver exclusivement.

Nous ignorons encore, il est vrai, presque complètement l'action physiologique qu'exerce sur ces plantes tel ou tel élément chimique du sol ; les efforts tentés pour déterminer leur rôle n'ont pas abouti jusqu'à présent ; mais ce n'est pas là une raison de nier cette action. L'observation la met en complète évidence pour les végétaux dont il est ici question ; c'est à la science qu'il appartient d'en déterminer la marche.

Les propriétés physiques du sol ont, quoi qu'on en ait dit, une influence beaucoup moindre ; elles se ramènent simplement à la facilité avec laquelle les mousses peuvent se fixer sur les roches et s'y maintenir ; il faut que les éléments en soient solidement unis et que les diverses actions météorologiques ne reviennent pas constamment détruire et désagréger la surface.

Le climat d'un pays se compose de toutes les influences météorologiques qui agissent sur lui. M. Boulay étudie successivement leur action.

Les mousses ont besoin de *lumière*, puisqu'elles sont pourvues de chlorophylle ; mais une lumière diffuse leur suffit ordinairement, leur est même le plus souvent favorable, en raison, sans doute, de la structure de leurs feuilles délicates, dépourvues d'un épiderme protecteur.

La *chaleur* paraît exercer sur la distribution des mousses une influence considérable. Une température peu supérieure au zéro thermométrique leur suffit en général ; elles s'élèvent beaucoup plus haut que les phanérogames en altitude ; c'est même dans les régions subalpine et alpine de nos montagnes qu'elles sont le plus abondantes, témoignant bien par là qu'elles préfèrent les climats les plus tempérés. Les mousses ne paraissent pas pourtant pouvoir supporter impunément les froids intenses ; elles disparaissent presque subitement à la limite des neiges perpétuelles.

Mais la chaleur a sur la vie des mousses une influence plus grande en modifiant l'humidité de l'air et du sol. Il est absolument essentiel que l'atmosphère soit constamment chargée de vapeur d'eau pour que la végétation bryologique prenne un grand développement. On peut dire que la flore des mousses est en raison directe de l'humidité de l'air, à tel point que la région méditerranéenne est beaucoup plus riche à la suite d'années humides qu'après les années sèches.

A la suite de ces intéressantes discussions, M. Boulay applique les principes qu'il a posés à la bryologie française.

Après avoir distingué les différentes stations naturelles qu'habitent les mousses, il divise le territoire de la France en trois grandes régions : la région méditerranéenne, la région des forêts, et la région alpine.

La *région méditerranéenne* est la région où l'on cultive l'olivier ; elle est puissamment découpée par les montagnes des Cévennes, les Alpes et les Pyrénées et s'élève jusqu'à 500, parfois jusqu'à 800 mètres d'altitude. La température moyenne annuelle serait de 10°6 à la limite supérieure de la région, de 15° à la base (niveau de la mer). La période végétative y est fréquemment interrompue par des sécheresses défavorables aux mousses, bien que la quantité d'eau tombée y dépasse souvent 700 millimètres comme moyenne annuelle.

La région méditerranéenne comprend 250 espèces ; la physionomie de cette région se retrouve partout en France où les conditions sont les mêmes que dans la région de l'olivier ; on la voit s'insinuer pour ainsi dire le long de la vallée du Rhône, où elle ne dépasse pas une faible altitude; on la retrouve dans les points de l'Alsace où la température estivale est la plus élevée ; mais les vastes plaines de la Gascogne, depuis les contreforts des Basses-Pyrénées jusqu'à Bordeaux et au delà, ne diffèrent pas de la région méditerranéenne au point de vue qui nous occupe. Cette flore méridionale s'élève probablement sous l'action échauffante du Gulf-Stream jusqu'à Angers, Brest, Cherbourg, partout enfin où l'on retrouve identité des conditions de température moyenne avec la région de l'olivier. On voit les espèces méridionales disparaître peu à peu à mesure qu'on s'avance vers le nord. Il en existe encore 15 espèces aux environs de Paris.

La *région des forêts* est parfaitement limitée en altitude par rapport à la première ; on peut la subdiviser en trois zones. La zone inférieure ou du chêne et du hêtre comprend presque toutes les espèces communes de la région précédente, mais à côté d'elles une foule d'espèces nouvelles. Les *Sphagnum* apparaissent à la base de cette région avec les tourbières; ils font complètement défaut dans la région méditerranéenne.

Cette zone s'étend en France sur la surface des plaines basses.

La zone moyenne peut être caractérisée par le pin sylvestre et le sapin ; elle forme une ceinture tout autour des montagnes; elle a sa physionomie tout à fait caractéristique dans les Vosges et le Jura. Le régime de cette zone, variable du reste dans les différentes contrées, est caractérisé par un abaissement de la température annuelle.

La zone supérieure ou subalpine s'étend jusqu'à la limite des forêts ; elle en forme la lisière supérieure constituée surtout par les sapins et les hêtres à l'état de buisson; sa hauteur verticale n'est guère que de

200 mètres. Du reste l'altitude et l'étendue de chacune de ces régions varie énormément suivant les conditions locales ; dans les Alpes des environs de Briançon, par exemple, la zone subalpine est très-difficile à bien déterminer ; le mélèze s'y étend de 1300 à 2200 mètres, constituant à lui seul presque toutes les forêts, tandis qu'ailleurs les eaux froides des glaciers et des torrents font descendre les prairies alpines avec leur végétation spéciale jusqu'à 1400 mètres.

Au point de vue de la flore bryologique, la zone subalpine cesserait vers 2000 mètres dans ces régions des Alpes; dans les Pyrénées, on la rencontrerait vers 1700 mètres à la limite des forêts d'*Abies pectinata*. Chacune de ces régions a sa physionomie propre, mais présente pourtant de fréquents termes de passage expliqués par les conditions locales dans lesquelles se trouvent les points où on les remarque.

La *région alpine* s'étend de la limite supérieure des forêts à celle de la végétation des mousses. En France, les Alpes et les Pyrénées seules atteignent ce niveau ; c'est donc sur le flanc de ces montagnes que la flore bryologique alpine peut acquérir son développement.

Dans les Alpes du Dauphiné, elle comprend 100 espèces comprises dans une zone qui s'étend de 1800 à 2300 mètres, caractérisée par les phanérogames suivants : *Juniperus alpina*, *Loiseleuria procumbens*, *Ranunculus glacialis*, etc. Au Mont-Blanc elle s'étend de 2000 à 2700 mètres. Il nous est impossible de marcher à la suite du patient bryologue partout où il nous mène, attiré par le désir d'élucider une difficulté ou d'établir une comparaison. Il nous faudrait explorer avec lui presque tous les sommets des Alpes françaises, au sujet de chacun desquels il nous fournit les renseignements les plus détaillés qui ont servi de base à ses études sur les conditions qui président à la distribution générale des mousses. Les faits observés par M. Boulay ne lui permettent pas d'admettre, avec M. Schimper, une région supraalpine de même valeur que la région alpine ; on peut à la rigueur diviser la région alpine, pourvu qu'on attache à cette division une valeur moindre qu'à chacune des trois régions qui viennent d'être décrites.

Dans les Pyrénées, la limite inférieure de la région alpine n'est pas mieux déterminée que dans les Alpes; elle s'étend environ de 2000 à 2500 mètres d'altitude. Le Plateau Central, les Vosges et le Jura n'élèvent au niveau de la zone alpine que quelques sommets, caractérisés partout par la prédominance des mêmes espèces.

Pour résumer en peu de mots les résultats les plus importants de ce grand travail, disons que l'opinion de Thurmann sur l'influence négative de la nature chimique du sol ne peut être adoptée en aucune façon, du moins quand il s'agit de mousses. Elles sont même extrêmement sensibles à l'action de la nature chimique du support.

D'autre part, et bien que nous n'ayons pu entrer sur ce point dans

des détails très circonstanciés, nous pouvons affirmer après la lecture du livre de M. Boulay que l'aire d'extension des mousses est généralement beaucoup plus vaste que celle des phanérogames. Ce fait ressort évidemment de la comparaison des listes dressées dans les différentes régions, lecture fort instructive à laquelle on ne saurait regretter de s'être livré. L'auteur s'y montre en effet partout observateur des plus attentifs. Sans charger son livre de détails inutiles, il nous conduit partout où il y a quelque difficulté à résoudre ; il analyse attentivement, mais pour synthétiser ensuite avec d'autant plus de rigueur et de sûreté.

Cet ouvrage est une contribution des plus précieuses à l'étude de la géographie botanique de la France ; il serait fort à désirer que des travaux de ce genre et de cette valeur fussent publiés sur les différents groupes de végétaux cryptogames ; je l'ai dit en commençant, ce travail est tout entier à faire.

Ch. Flahault.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

ANTHROPOLOGIE

—

La classification archéologique appliquée à l'époque quaternaire. — Rendant compte dans le numéro de juillet dernier (p. 320) des derniers travaux relatifs à la classification archéologique des temps quaternaires, j'avais rappelé la divergence d'opinion qui s'est produite à ce sujet entre M. de Mortillet et M. d'Acy, et j'avais cité à l'appui de la théorie de M. de Mortillet les recherches de MM. Chouquet et Maufras. Je concluais dans le sens de M. de Mortillet.

Cette appréciation m'a valu, de la part de M. d'Acy, une lettre dont on reconnaîtra l'importance, et que je suis autorisé à reproduire ici.

Mais auparavant je dois rappeler, pour ceux de nos lecteurs qui ne seraient pas familiers avec la question, sur quoi repose le débat.

Les premiers essais de classification des stations humaines quaternaires furent proposés par des paléontologistes. On ne pouvait procéder autrement au début de ces études. Comme on ne savait absolument rien encore du mode de développement des industries primitives, la faune et des considérations stratigraphiques pouvaient seules permettre d'établir un premier classement. Mais on ne tarda pas à reconnaître que la méthode paléontologique était insuffisante pour tout expliquer. On trouvait en effet des industries fort différentes associées à la même faune, ce qui prouvait, ou bien que la faune avait varié moins vite que l'indus-

trie humaine, ou bien qu'entre les deux il n'y a pas un rapport constant permettant de tirer des conclusions propres à asseoir une classification.

C'est alors que M. de Mortillet eut l'idée d'appliquer à l'étude des gisements quaternaires la méthode archéologique. Réunissant ensemble ceux de ces gisements qui se présentaient avec la même physionomie industrielle, il en forma des groupes qu'il présuma représenter autant d'époques distinctes. Mais il lui fallut ensuite revenir à la méthode géologique pour classer entre eux ces différents groupes et demander aux alluvions régulièrement stratifiées des jalons chronologiques

La théorie du creusement des vallées, telle qu'elle a été établie par Lyell, Prestwich, Belgrand, fournit la base de cette classification. On me permettra donc d'en rappeler les traits essentiels.

Un fleuve ou une rivière exerce sur les parois de sa vallée une action mécanique qui tend à creuser constamment son lit. A mesure que son thalweg s'abaisse, le cours d'eau laisse sur les flancs de la vallée des alluvions correspondant aux niveaux qu'il a successivement occupés, en sorte que, parmi ces alluvions, les plus anciennes sont les plus élevées tandis que les plus récentes occupent les bas niveaux. Elles se disposent généralement en terrasses correspondant à des phases d'arrêt ou de ralentissement dans les phénomènes du creusement. Dans une même terrasse stratifiée, les couches supérieures sont les plus récentes. De plus, il peut arriver que, par suite d'oscillations du sol, ce qui est un cas fréquent, la disposition des terrasses vienne à subir des perturbations anormales Le creusement des vallées correspond généralement à une phase de soulèvement. Survienne ensuite une période d'affaissement, le cours d'eau reprendra son travail en sens contraire, c'est-à-dire qu'au lieu de continuer à creuser sa vallée il la remblaiera. Si une nouvelle oscillation ramène une seconde période de soulèvement, il se formera un nouveau système de terrasses aux dépens des alluvions précédemment déposées : et alors le cours d'eau ayant à remanier des terrains d'alluvion sans cohésion, le déblaiement de la vallée pourra s'opérer dans un temps relativement court. On voit par là que la détermination géologique de l'âge d'un dépôt alluvial n'est pas toujours facile, et qu'il faut tenir compte d'un grand nombre de circonstances.

De l'étude géologique et paléontologique des alluvions de la Somme et de la Seine, M. de Mortillet se crut autorisé à conclure que « pendant l'époque quaternaire il y a eu dans nos contrées deux périodes bien tranchées, l'une chaude et l'autre froide, la chaude ayant précédé la froide. » La première correspondrait à un mouvement d'affaissement pendant lequel les cours d'eau ont rempli d'alluvions les vallées qu'ils avaient ouvertes à l'époque tertiaire ; la seconde, à un mouvement d'exhaussement dont la conséquence fut le déblaiement des vallées et

la formation de terrasses, disposées suivant trois systèmes encore très distincts actuellement (hauts, moyens et bas niveaux) (1).

La distribution de la faune dans les terrasses confirmerait ces données. Une faune quaternaire méridionale caractérisée par la présence de l'hippopotame, de l'éléphant antique, du rhinoceros Merkii, du lion, de l'hyène, et qui se retrouve à la base de toutes les terrasses des hauts et des bas niveaux, correspondrait à l'époque d'affaissement. Une faune boréale caractérisée par la prédominance des espèces des climats froids, telles que le mammouth, le rhinocéros tichorhinus, le renne, occuperait les couches supérieures des terrasses et représenterait la période de réexcavation ou de soulèvement.

« A ces deux dépôts, d'âges très différents, caractérisés par des faunes fort distinctes et correspondant à des conditions climatériques tout à fait spéciales, correspondent, ajoute M. de Mortillet, deux industries particulières. Avec la faune méridionale on ne trouve généralement qu'un seul outil ou arme, la hache type de Saint-Acheul. Avec la faune boréale apparaissent des types beaucoup plus variés, lames et surtout pointes et racloirs dans les formes spéciales de la station classique du Moustier. De là une division en deux époques anthropologiques, l'époque Acheuléenne ou de Saint-Acheul, et l'époque Moustérienne ou du Moustier (2). »

Je rappellerai que le type de Saint-Acheul de M. de Mortillet est représenté par des instruments de silex, en forme d'amande, taillés à grands éclats sur leurs deux faces. Le type du Moustier consiste en pointes formées d'un éclat de silex retaillé d'un seul côté.

Or M. d'Acy soutient que, ni dans les alluvions de la Somme, ni dans celles de la Seine, ses observations personnelles n'autoriseraient la distinction faite par M. de Mortillet de deux périodes paléontologiques et industrielles. Il y reconnaît bien les deux types acheuléen et moustérien, mais ils seraient mêlés à tous les niveaux à une faune toujours identique.

M. de Mortillet invoque en sa faveur les collections du musée de Saint-Germain et celles que de nombreux explorateurs ont formées dans le quaternaire parisien. Il établit des statistiques, d'où il résulterait que d'une part à Saint-Acheul, à Abbeville, à Thennes, dans les stations quaternaires les plus anciennes, les haches acheuléennes forment au moins 80 pour cent des silex taillés ; tandis que d'autre part à Paris, Grenelle, Levallois, Clichy, au Pecq, à Monguillain et dans les stations quaternaires les plus récentes ces haches sont loin d'atteindre 20 pour cent.

En définitive le débat se réduit à une question de fait et de statistique. Nous venons de dire quelles sont les affirmations de M. de Mortillet.

(1) *Bull. de la Soc. d'anthrop.* de Paris, 1877, p. 48.
(2) Loc. cit., p. 50.

Voyons maintenant, comment M. d'Acy répond aux objections qui lui sont adressées.

14 février 1880.

Monsieur,

J'aurais voulu vous remercier plus tôt des appréciations beaucoup trop indulgentes que vous avez formulées sur moi et sur mes cailloux dans le numéro de juillet dernier de l'excellente *Revue des questions scientifiques* ; mais des circonstances indépendantes de ma volonté m'en ont empêché jusqu'à ce jour. Soyez assez bon, je vous en prie, pour me pardonner ce retard, et aussi pour me permettre de vous présenter quelques observations sur la question qui fait l'objet de ma querelle avec M. de Mortillet et les partisans de sa classification.

Je voudrais d'abord poser cette question d'une façon précise ; car, si je ne me trompe, on l'a quelquefois étendue au delà de ses limites véritables, et de différents côtés, on m'a fait dire des choses que je suis très loin de penser. Ce n'est pas à vous assurément, Monsieur, que je fais allusion dans ce moment ; mais puisque, grâce à votre bienveillant article, l'occasion s'offre à moi de revenir sur ce sujet, je voudrais commencer à plaider ma cause, en m'expliquant de façon à rendre impossible à l'avenir de m'attribuer des idées que je n'ai jamais eues.

Je n'ai jamais prétendu que les silex taillés qui offrent le type du Moustier, pour me servir de l'expression consacrée, et qui proviennent de la grotte du Moustier ou d'autres endroits—grottes, abris sous roches, etc. — *pourvu que ce ne soit pas du diluvium*,— ne soient pas postérieurs, et même de beaucoup postérieurs à ceux qui reposent dans le diluvium, à Saint-Acheul ou ailleurs, et qui sont retaillés sur leurs deux faces. Je suis au contraire persuadé qu'ils le sont.

Le point en litige n'est pas celui-là ; il consiste à savoir si, *dans le diluvium, uniquement dans le diluvium*, le type que l'on appelle type de Saint-Acheul est ou n'est pas plus ancien que celui auquel on a donné le nom de type du Moustier.

Maintenant que j'ai posé la question de manière, je pense, à empêcher toute espèce d'équivoque, je dois vous dire, Monsieur, que mes idées sur elle sont les mêmes aujourd'hui qu'elles étaient en 1875 (1). Elles n'ont été modifiées ni par la réponse de M. de Mortillet (2), ni par les notes de M. Chouquet (3) et de M. Maufras (4), ni par les critiques de

(1) *Matériaux*... 1875, p. 281 et suiv.
(2) Ibid., p. 342 et suiv.
(3) Ibid , 1878, p. 22 et suiv.
(4) Ibid., p. 104 et suiv.

M. Cartailhac, ni même, je dois l'avouer, par l'opposition qu'elles rencontrent auprès de vous. C'est que, selon moi, elles n'ont été réfutées par aucune des objections qu'on a soulevées contre elles, que même elles peuvent invoquer en leur faveur quelques-uns des faits qui, au premier abord, leur ont paru contraires, et qu'elles ont été confirmées par diverses découvertes, ainsi que par les nouvelles observations que j'ai recueillies moi-même.

Je crois inutile de m'arrêter à l'affirmation de M. de Mortillet que « les éclats de Saint-Acheul n'étaient pas employés, qu'aussi ils sont grossiers, variés à l'infini et sans formes reproduites intentionnellement pour constituer un outil déterminé (1). » Si je ne m'abuse, les silex que j'ai mis à l'Exposition de l'Art ancien de 1878 ont dû répondre mieux que je ne saurais le faire; ils ont dû *faire voir* qu'il y a à Saint-Acheul, et même en grand nombre, des lames ou couteaux, des pointes de lances et peut-être de flèches, des racloirs, des scies, des grattoirs convexes et concaves, des perçoirs, en un mot, des armes et des outils, du type du Moustier, aussi bien, sinon même quelquefois mieux travaillés et déterminés que ceux que l'on trouve au Pecq ou à Paris.

Je ne demanderai pas au même savant comment il a su que j'avais réuni « *facilement* » à Saint-Acheul les 385 échantillons du type Acheuléen que je possédais en 1875, tandis que j'avais eu « *grand peine* » à y recueillir 230 lames ou éclats (2).

Je ne répéterai pas ce que j'ai déjà dit de l'influence très considérable que la nature du terrain, la grosseur des objets et le prix beaucoup plus élevé des uns par rapport à celui des autres, le plus ou moins de soin avec lequel le petit gravier est recueilli, en un mot de l'influence très considérable que plusieurs causes accidentelles et complètement étrangères à la question qui nous occupe doivent exercer, et exercent dans le fait selon moi, sur la prépondérance ou le degré de prépondérance que le type de Saint-Acheul paraît avoir ici ou là sur celui du Moustier.

Je ne vous ferai même pas remarquer, Monsieur, ni à vous, ni à M. Cartailhac (3), qu'au Trocadéro, par une coquetterie de collectionneur peut-être mal entendue, et aussi pour satisfaire aux exigences d'une Exposition universelle et tâcher de plaire au grand public, — autant que cela est possible avec des cailloux — j'avais disposé sur les tablettes de devant les haches, qui, par leur volume et leurs formes, font de l'effet et tirent l'œil, si je peux parler ainsi, tandis que les menus instruments éclatés d'un côté, ou, si l'on veut, du type du Moustier, étaient

(1) *Matériaux*... 1875, p. 344.
(2) Ibid., p. 343.
(3) *Matériaux*... 1878, p. 522.

relégués au second plan et bien moins en vue, par conséquent ; que, pour les mêmes motifs, je n'avais pas, sauf pour Saint-Acheul, groupé mes silex suivant leurs provenances d'une façon suffisamment nette ; et qu'il aurait fallu, pour bien se rendre compte des choses, avoir en main tous les objets (1), et même voir chez moi ceux que je n'avais pas pu placer dans ma vitrine.

MM. de Mortillet et Cartailhac se sont appuyés sur la statistique, sur la prépondérance que l'un des deux types de Saint-Acheul ou du Moustier présente sur son rival tantôt dans un gisement, et tantôt dans un autre. A vous aussi, Monsieur, « il semble impossible de nier que les deux groupes — dans chacun desquels domine l'un de ces types — aient une existence réelle, justifiée par la stratigraphie, au moins dans le nord de la France (2). »

Eh bien! je vais vous suivre sur ce terrain, et laissant de côté, au moins pour un moment, les considérations que j'ai indiquées tout à l'heure, je reconnais que, dans le diluvium, le type de Saint-Acheul est prépondérant en certains endroits, tandis que celui du Moustier l'est en d'autres.

Je suis même d'autant plus à l'aise pour faire cette déclaration, qu'elle n'est qu'une répétition de ma part (3).

Mais cette prépondérance de l'un ou de l'autre de ces types n'a par elle-même aucune signification chronologique ; en emprunte-t-elle une aux conditions stratigraphiques dans lesquelles elle se produit, à la situation relative des gisements où elle est reconnue ?

Voilà ce qu'il s'agit de savoir, et ce que nous allons examiner.

D'abord, il me semble que j'ai déjà gagné quelque chose, car, si je ne me trompe, aucun de mes deux premiers adversaires ne parle aujourd'hui de superposition stratigraphique d'un type à l'autre dans une même sablière. M. de Mortillet, dans sa réplique de 1875, et M. Cartailhac dans son article de 1878, ont comparé entre elles, non pas les couches d'un même gisement, mais seulement celles de stations fort éloignées les unes des autres et n'appartenant même pas au même bassin.

Le premier se borne à constater « qu'à Saint-Acheul, à Thennes et dans les stations quaternaires les plus anciennes, les haches acheuléennes forment au moins les 80 pour cent des silex taillés, et que d'autre part, à Paris, au Pecq, à Monguillain et dans les stations quaternaires les plus récentes, ces haches sont loin d'atteindre les 20 pour cent (4). »

(1) M. Cartailhac a bien voulu en examiner quelques-uns, mais il n'a pu leur donner, à beaucoup près, le temps qui lui aurait été nécessaire pour les voir tous comme je l'aurais désiré.

(2) *Revue des questions scientifiques*, 1879, t. VI, p. 320.

(3) *Matériaux*... 1875, p 282, 285.

(4) *Matériaux*. 1875, p. 344. Pour le moment, je ne discuterai pas ces chif-

Et le second affirme seulement « que le type *langue de chat* est caractéristique comme le sera plus tard celui du Moustier..., qu'un lot d'objets autorisera d'ordinaire une conclusion sur l'âge du dépôt qui l'aura fourni.... et qu'il suffit de parcourir les planches données par moi, comme il suffisait d'un coup d'œil sur mes collections exposées au Trocadéro, pour reconnaître l'âge relatif des gisements représentés, d'après la prépondérance des véritables types (1). »

Je ne rechercherai pas, en ce moment, si, en appliquant ce système, les âges relatifs assignés à ces gisements *par la prépondérance des véritables types* seraient bien les mêmes que ceux indiqués par les niveaux. Je commencerai par demander où existe la superposition des dépôts-types, dont on s'est servi pour établir un rapport d'âge entre les types des silex taillés qui y prédominent. Pour ma part, j'avoue ne rien connaître de semblable.

M. de Mortillet base sa théorie sur ce que la station de Saint-Acheul (2) est plus ancienne — je crois même exprimer fidèlement sa pensée, en disant beaucoup plus ancienne — que celles de Paris, du Pecq et de Monguillain.

Mais d'abord où en est la preuve (3) ? Si le creusement des vallées par les cours d'eau quaternaires et la division des alluvions en graviers des hauts et des bas niveaux, qui se seraient déposés, tels que nous les voyons, au fur et à mesure que les fleuves auraient abaissé leurs lits, étaient choses incontestables, il est certain que le gisement de Saint-Acheul — au moins dans sa partie supérieure, la seule exploitée — serait plus ancien que ceux de Paris et du Pecq (4). Mais M. de Mortillet ne croit-il pas que le creusement des vallées remonte à la fin de l'époque tertiaire, et dès lors toutes les alluvions quaternaires ne peuvent-elles pas, je dirai même, ne doivent-elles pas être contemporaines, à quelque niveau qu'elles se rencontrent?

Et en effet, les remarquables recherches de M. Tylor ont clairement établi, il me semble, contrairement aux assertions de MM. Prestwich et

fres, je le répète; mais cela ne veut pas dire que je considère ceux donnés pour Saint-Acheul comme représentant exactement l'industrie de ce gisement. Cette proportion de 80 pour cent est bien plus apparente que réelle; elle est loin d'exister dans ma collection.

(1) *Matériaux*, 1878, p. 521.

(2) J'omets à dessein celle de Thennes; les cotes que j'ai indiquées dernièrement pour elle et que je rappellerai tout à l'heure, la rangent bien au-dessous de celle de Saint-Acheul.

(3) Je n'examinerai pas celle que l'on a cru trouver dans la paléontologie, mes objections à ce sujet n'ayant pas été relevées, il me semble.

(4) Je ne parle pas de celui de Monguillain, que je ne connais pas, et sur lequel il n'a malheureusement rien été publié, que je sache.

Lyell, que la surface de la craie dans la vallée de la Somme avait pris sa forme actuelle avant le dépôt de quoi que ce soit du gravier que nous y voyons maintenant ; que les alluvions de Saint-Acheul et de Montières descendent sans interruption depuis l'altitude de 61 mètres environ, limite des coupes relevées, jusqu'au fond de la vallée, vers 26 et 21 mètres ; et que tous les graviers y sont d'une seule et même formation (1).

De même, dans la vallée de la Seine, les belles coupes publiées par M. Belgrand montrent le gravier et le limon descendant tous les deux depuis les sablières de la plaine d'Ivry, situées à 60 mètres d'altitude, jusqu'au pied du coteau de la vallée — carrière du Chevaleret, à 38^{m}, 90 ; — et les petites couches de gravier qui, disséminées dans le limon, s'étendent sans discontinuité, en suivant à peu près la pente du terrain, depuis le haut jusqu'en bas, prouvent bien que du haut en bas le dépôt s'est effectué simultanément (2).

Mais j'admets encore, si l'on veut, cette division en hauts et bas niveaux; j'admets que les alluvions de Saint-Acheul etc. soient incontestablement antérieures à celles de Paris; cette plus grande ancienneté prouvera que le type de Saint-Acheul dominait à Saint-Acheul avant que les graviers de Paris ne se fussent déposés; mais voilà tout. Elle ne donnera nullement le droit de dire qu'à l'époque où se sont formées les alluvions de Saint-Acheul, le type de Saint-Acheul ait dominé aussi dans la vallée de la Seine et y ait précédé par conséquent son rival; on ne pourra pas en conclure davantage que le type du Moustier, qui est prépondérant à Paris, l'ait été dans la vallée de la Somme au moment où se sont déposés les graviers bas de la Seine, c'est-à-dire à une époque postérieure à celle ou l'on sait que le type de Saint-Acheul a dominé dans la première des deux vallées; on ne pourra donc en tirer aucune conclusion touchant l'âge relatif de ces deux types.

Quand on se pique de régénérer « la vieille école, la vieille archéologie » à l'aide « des méthodes rigoureuses et précises des sciences naturelles (3), » et même tout simplement en bonne vieille logique, on ne devrait pas vouloir déterminer cet âge relatif en mettant en parallèle l'industrie des gisements des hauts niveaux de la vallée de la Somme avec celle des gisements des bas niveaux de la vallée de la Seine, alors même que l'on n'aurait ni pour l'une ni pour l'autre de ces industries le

(1) A. Tylor. *Amiens gravel*, dans le *Quarterly journal of the geological Society*. Vol. XXIV, part. 2, mai 1868, p. 103 et suiv.

(2) Belgrand. *La Seine....* diagramme 17, p. 82 et 85, et pl. 6, fig. 1.

(3) Gabriel de Mortillet. Les Potiers Allobroges, *Méthodes des Sciences naturelles appliquées à l'Archéologie*, in-4°. Annecy. Imprimerie Perrissin, 1879, p. 5, 6, 9.

seul terme de comparaison qui puisse être « rigoureux ; » je veux dire, l'industrie des gisements des bas niveaux de la vallée de la Somme pour la première, et celle des gisements des hauts niveaux de la vallée de la Seine pour la seconde. A bien plus forte raison ne saurait-on le faire, quand ce terme de comparaison se trouve dans l'une des deux vallées.

Pourquoi M. de Mortillet passe-t-il sous silence maintenant les alluvions pourtant bien connues de Saint-Roch et d'Abbeville (1) ? Serait-ce parce que situées aussi bas, ou même plus bas que celles de Paris et du Pecq, elles ne présentent pas, il le sait bien, une moins grande prépondérance du type de Saint-Acheul que celles de Saint-Acheul même (2) ?

Ainsi, non seulement la stratigraphie ne peut être invoquée comme base pour la classification de M. de Mortillet dans les vallées de la Somme et de la Seine, mais encore elle est opposée à cette théorie dans le premier de ces bassins. Vous croyez, Monsieur, qu'elle lui est favorable dans les vallées de la Marne et de la Seugne; examinons, si vous le permettez, les découvertes de M. Chouquet et Leroy et celles de M. Maufras ; je ne désespère pas de vous faire reconnaître qu'elles confirment ma manière de voir.

A Chelles (3), M. Chouquet a trouvé des haches de Saint-Acheul dans la couche inférieure des alluvions, celle du ballast aggloméré (4). Quoique l'espace où elles reposaient fût restreint, il paraît y en avoir eu un assez grand nombre.

Dans la couche qui se trouve au-dessus du diluvium aggloméré, et qui a une épaisseur de 5 à 7 mètres, on n'a trouvé aucun vestige de l'industrie humaine.

« Au-dessus vient la couche du diluvium rouge, laquelle a donné dans sa partie inférieure *trois pièces caractéristiques. L'une représente encore le type de Saint-Acheul, mais la forme en est modifiée* (5). » — En

(1) Je parle évidemment des gisements de la ville et de Menchecourt, et non pas de celui du Moulin-Quignon, qui est plus élevé que les autres, et que l'on désigne toujours par son nom particulier, quand on s'en occupe.

(2) Voir sa classification des âges de la pierre dans — *Congrès international d'Anthropologie* etc., de Bruxelles, p. 432 et suiv. et dans — *Matériaux....* 1872, p. 463 et suiv. Les gisements d'Abbeville et de Thennes y sont rangés à côté de celui de Saint-Acheul, parmi les alluvions des hauts niveaux (!) et dans l'époque de Saint-Acheul.

(3) *Matériaux...* 1878, loc. cit.

(4) La nature du terrain qui est « assez consistant pour qu'on en puisse faire des sortes de moellons» ,et aussi le genre d'exploitation d'une ballastière, dans laquelle on jette pêle-mêle le sable et les cailloux dans les wagons, sans se servir de crible, ne sont-ils pas les vrais motifs pour lesquels on n'a pas recueilli à Chelles d'instruments du type du Moustier ? Ces objets étant en général de petite dimension, auraient bien pu échapper aux ouvriers.

(5) C'est moi qui ai souligné ce passage.

vérité, je serais très reconnaissant à M. Chouquet, s'il voulait bien m'indiquer quelle est la forme de Saint-Acheul *non modifiée*. Nous avions déjà le type de Saint-Acheul et le type du Moustier ; il paraît que ce n'était pas assez ; voici venir maintenant la forme de Saint-Acheul et la forme de Saint-Acheul modifiée ; à quand celle du Moustier et celle du Moustier modifiée elle aussi, et où s'arrêteront toutes ces divisions et subdivisions ? M. Chouquet connaît assurément les silex de Saint-Acheul qui sont exposés dans les vitrines du musée de Saint-Germain. Bien qu'ils ne donnent guère, selon moi, une idée véritable, suffisante, de l'industrie de Saint-Acheul, je demanderai à M. Chouquet s'ils sont tous de la même forme, et s'il n'a pas vu parmi eux des haches larges, d'autres étroites, d'autres lancéolées, d'autres plus pointues encore, d'autres avec un tranchant transversal, etc ?

Je reconnais que, dans quelques endroits, un certain nombre d'instruments, retaillés sur leurs deux faces, et offrant par conséquent le type de Saint-Acheul, ont un aspect, même une forme particulière, qui les différencient quelque peu de ceux qui proviennent d'autres gisements et qui sont également retaillés des deux côtés. C'est ainsi que la forme triangulaire est plus commune sur les plateaux de la Vienne qu'ailleurs ; et aussi, sans sortir de la Picardie, que certaines pièces de Thennes ont un air de famille, si je peux parler ainsi, qui ne se retrouve pas exactement à Saint-Acheul. Mais alors même qu'une distinction de ce genre peut être reconnue véritablement, ce serait en exagérer singulièrement la valeur, que de la considérer comme suffisante pour caractériser, pour révéler ou pour confirmer tout un changement d'industrie, voire même d'époque. En tout cas, ce n'est pas sur un spécimen, ce n'est même pas sur trois échantillons qui, par parenthèse, ne sont pas semblables entre eux (1), ce n'est que sur un lot d'objets assez considérable qu'on pourrait l'établir d'une manière un peu assurée ; et surtout, avant tout, il faudrait que la particularité que l'on croit nouvelle, le fût bien réellement, que ce que l'on prend pour une modification, en fût positivement une. Or, je ne saurais trop répéter combien est grande l'erreur des personnes qui pensent *qu'il n'y a qu'une forme à Saint-Acheul.*

Ce que je viens de dire de la première pièce du diluvium rouge de Chelles, s'applique exactement à la seconde, « sorte de hache allongée, pointue, ce qui, avec sa partie large amincie lui donne plutôt le caractère d'une lance, » et même, à la troisième, bien que M. Chouquet lui attribue évidemment plus d'importance encore qu'à ses compagnes. C'est « un grattoir, ou racloir allongé, un peu courbe, bien travaillé ;

(1) Pourquoi ne pas en faire les représentants de trois industries distinctes ?

il constitue un outil spécial qui n'a aucune analogie avec le type des haches. »

Puis M. Chouquet ajoute : « Nous avons donc là, à deux niveaux séparés par un dépôt de diluvium de 5 à 7 mètres deux industries différentes et appartenant, à n'en pas douter, à deux époques assez éloignées l'une de l'autre. »

Mais alors, mes silex taillés des deux côtés, qui offrent encore plus *de modifications de forme* que ceux du musée de Saint-Germain, dont un grand nombre *constitue des outils spéciaux, qui n'ont aucune analogie avec le type des haches*, n'appartiennent donc pas à l'industrie de Saint-Acheul? A bien plus forte raison doit-il en être de même pour mes racloirs, mes hachoirs, mes grattoirs, mes perçoirs, mes pointes, mes couteaux, qui à ce motif d'exclusion joignent la circonstance fort aggravante d'être éclatés d'un côté et retaillés de l'autre seulement, d'être par conséquent du plus pur type du Moustier. Tous pourtant, ils viennent en droite ligne des alluvions de Saint-Acheul; toutes ces formes, tous ces types y ont été trouvés indistinctement dans toutes les couches (1), même dans les plus profondes; et ce n'est pas *un* spécimen, ce n'est pas *trois* échantillons, c'est plusieurs centaines d'objets de ce genre que je peux montrer.

J'ajouterai que j'ai été très heureux de voir les silex taillés provenant de Chelles, que M. Leroy a exposés en 1878 dans les galeries des Sciences anthropologiques, et que ceux qui étaient indiqués comme ayant été trouvés dans la partie inférieure du diluvium, à 9 mètres, m'ont paru exactement semblables pour tout ce qui est véritablement caractéristique, à ceux qui provenaient des alluvions supérieures. Ma manière de voir a d'ailleurs été confirmée par celle d'un savant dont l'autorité ne saurait être mise en doute sur ce point.

Je crois pouvoir assurer, sans crainte d'être démenti, que M. de Mortillet trouve comme moi qu'il n'y a à Chelles, du haut en bas des alluvions, qu'une seule et même industrie, qu'un seul et même type, celui de Saint-Acheul.

Que les silex taillés provenant de la couche la plus élevée soient moins gros que ceux qui reposaient dans le bas, dans le ballast aggloméré, comme je l'ai remarqué pour ceux qui ont été exposés par M. Leroy; que les premiers soient plus patinés que les seconds; qu'est ce que cela prouve ?

La patine d'un silex est due, on le sait, à la nature de la couche qui

(1) Je ne comprends pas, bien entendu, dans cette expression, la terre à briques ni la partie du limon grossier située au-dessus du lit de petits cailloux anguleux. Elles ne renferment aucun vestige de l'industrie paléolithique.

renfermait ce silex, et à l'action des agents atmosphériques que celui-ci a subie dans cette même couche, en proportion inverse de la composition plus ou moins argileuse du terrain et aussi de la profondeur plus ou moins considérable à laquelle il était enfoui : elle n'a donc aucune signification dans la question qui nous occupe ; et quant à la grosseur croissante des objets, si la remarque que j'ai faite est exacte, si elle peut s'appliquer à la généralité des silex taillés trouvés dans le gisement de Chelles, et aussi à l'ensemble des cailloux qui constituent ces dépôts, cette disposition ne serait-elle pas l'indice d'un fait que M. Chouquet a entrevu, mais sans en saisir les conséquences nettement contraires à son système de longues périodes (1) ; ne prouverait-elle pas que toutes ces alluvions sont, de la base au sommet, le résultat d'une seule et même crue qui, comme toujours, a charrié et déposé des objets de moins en moins volumineux, à mesure que son énergie diminuait? Cette hypothèse s'accorderait parfaitement avec la présence dans toutes les couches de débris de la même industrie.

M. Chouquet ne donne pas sur la position de la ballastière de Chelles des renseignements extrêmement précis. Il dit bien « que le banc de diluvium occupe près de la moitié de la vallée elle-même (2).... » « que la ballastière est au milieu de la vallée (3) »..... que « l'autre partie de la vallée, où coule la Marne, est plus basse que le grand banc de diluvium et presque entièrement occupée par de la tourbe (4) » .... et enfin que « ce dépôt de diluvium occupe la partie moyenne, c'est-à-dire, non la plus profonde de la vallée (5) », mais tout cela est un peu vague et ne nous apprend pas nettement à quelle catégorie appartient ce gisement par rapport à son niveau. D'après ce que m'a dit le contre-maître qui dirige les travaux, le fond de la ballastière n'est pas à plus d'un mètre au-dessus des eaux de débordement, et ces eaux ne doivent pas dépasser de beaucoup les berges de la rivière. La ballastière peut avoir une dizaine de mètres de profondeur en moyenne, et il faut remarquer que le banc de diluvium se prolonge, en s'abaissant, de l'autre côté de la voie ferrée. Je n'ai pas les chiffres de sa hauteur au-dessus de la mer et de la Marne, mais en somme, et bien qu'il s'élève en pente douce à partir des prés tourbeux qui occupent la partie la plus basse de la vallée actuelle (6) jusqu'au pied du coteau

(1) Loc. cit., p. 26.
(2) Ibid.,
(3) Ibid., p. 22.
(4) Ibid., p. 23.
(5) Ibid., p. 25.
(6) Je ne serais nullement surpris qu'il passât sous la tourbe et sous la rivière, ainsi que cela arrive en Picardie.

qui limite cette vallée, ce banc n'en est pas moins dans le fond de la vallée, et il doit incontestablement être rangé parmi les gisements des bas niveaux. Or il nous présente une industrie plus acheuléenne même que celle de Saint-Acheul, puisque le type du Moustier n'y a pas été signalé !

Ne trouvez-vous pas maintenant, Monsieur, que les découvertes faites dans le diluvium de la Marne ne confirment pas précisément la théorie de M. de Mortillet, et que je peux quitter cette vallée pour celle de la Seugne ?

M. Maufras y indique le dépôt de Pinthiers, commune de Pons, comme offrant « la série la plus complète des différents niveaux quaternaires représentés dans cette contrée. » Il en donne la description, puis il ajoute (1) :

« Dans la couche inférieure du ballast, on trouve la hache de Saint-Acheul en nombre considérable ; les différents spécimens présentent une grande variété dans les dimensions, mais sont assez grossièrement taillés.

» La couche d'argile qui vient au-dessus, ne contient pas de silex.

» Puis nous retrouvons des silex taillés dans la seconde couche de ballast qui repose sur l'argile.

» Mais ici la hache de Saint-Acheul n'est plus seule ; elle est accompagnée de lances, de racloirs, parmi lesquels nous remarquons des formes se rattachant à un type que la première couche ne nous a point fait connaître : c'est la pointe du Moustier.

» Ces silex, comme ceux de la couche inférieure, sont roulés.

» Enfin, à la base du diluvium rouge j'ai trouvé également un certain nombre de silex taillés, mais ils me semblent différer sensiblement de ceux recueillis dans le ballast.

» D'abord ils ne sont point roulés, les arêtes ont conservé toute leur vivacité primitive et quelques échantillons sont patinés.

» En second lieu, si la hache rappelle encore celle de Saint-Acheul, sa forme est du moins plus allongée, sa pointe plus fine et ses tranchants plus acérés ; les retouches sont plus régulières, et les éclats semblent avoir été enlevés par une main plus sûre d'elle. »

En sorte que nous aurions dans ce gisement « à trois niveaux différents, trois industries appartenant évidemment à trois périodes distinctes.»

D'abord l'industrie et l'époque de Saint-Acheul ; puis l'industrie de Saint-Acheul avec apparition du type du Moustier, qui appartiendrait à une seconde époque ; et enfin, l'industrie de Saint-Acheul modifiée,

(1) *Matériaux*... 1878, p. 101, et suiv.

mais sans mélange du type du Moustier, qui serait caractéristique d'une troisième époque.

Quand bien même la hache de Saint-Acheul y serait aussi modifiée que le pense M. Maufras, cette troisième industrie, de laquelle le type du Moustier aurait disparu après s'être manifesté à l'époque précédente et où règnerait seul de nouveau le type de Saint-Acheul quelque peu altéré, ne me semblerait déjà guère rentrer dans la classification de M. de Mortillet. Mais en outre, c'est encore une fois, je pense, un grand luxe de distinctions d'industries et d'époques, établies sur des bases bien peu solides ; car, la conclusion à tirer de la description des silex taillés du diluvium rouge est tout simplement, selon moi, qu'ils sont mieux conservés que ceux de la couche inférieure du ballast, et rien de plus.

Ils n'ont pas été roulés, je le veux bien ; de plus, la couche qui les renferme étant sans doute plus argileuse, moins caillouteuse que celles du ballast, ils n'y auront pas été soumis aux frottements et aux éclatements qui sont inévitables, en raison des mouvements incessants du sol, dans les veines où les silex sont serrés les uns contre les autres ; quelques-uns sont patinés, parce qu'étant enfouis peu profondément, l'eau chargée d'acide carbonique qui les a fréquemment, pour ne pas dire constamment, humectés, a décomposé leurs surfaces.

Mais ce sont là des détails de moins d'importance encore, s'il est possible, que la prétendue modification de la forme de Saint-Acheul, que M. Maufras reconnaît à l'exemple de M. Chouquet, et sur laquelle je crois inutile de revenir ; et bien que, malheureusement, je n'aie pas pu faire subir aux haches de la vallée de la Seugne — elles n'ont pas figuré à l'Exposition de 1878 — le même examen qu'à celles de Chelles, il est évident pour moi que l'industrie dont les produits reposent à la base du diluvium rouge de Pinthiers ne diffère en rien de celle dont les vestiges se retrouvent au fond de la même ballastière.

Maintenant, que l'on ait rencontré dans une couche intermédiaire la pointe du Moustier avec la hache de Saint-Acheul, peu m'importe ; — des recherches, je ne dis pas plus attentives, mais plus prolongées, feront d'ailleurs, j'imagine, reconnaître quelque jour la même association dans les deux autres couches ; — il n'en est pas moins certain qu'à Pinthiers pas plus qu'ailleurs, le type du Moustier n'est superposé à celui de Saint-Acheul, puisque la couche la plus élevée n'y a fourni que le type de Saint-Acheul tout seul, et que même cette couche et ce type seul et sans mélange y sont au-dessus d'une couche de ballast dans laquelle on a trouvé le type du Moustier avec celui de Saint-Acheul.

Pour les motifs que j'ai déjà énoncés plusieurs fois, je ne partage pas la confiance illimitée que MM. de Mortillet et Cartailhac accordent à une statistique aussi peu complète que celle qui peut seule exister dans ces questions ; mais je ne prétends pas cependant que, telle quelle, elle

soit absolument sans valeur, et je regrette que M. Maufras ne nous ait pas dit combien il a trouvé d'objets du type du Moustier dans la seconde couche de ballast de Pinthiers.

Je serais encore plus désireux de savoir à quelles hauteurs au-dessus de la mer et du fond de la vallée sont situées les ballastières de Pinthiers, de Bougnaud, de Salignac, de Mosnac, etc.; ce sont là des points fort importants dans le débat actuel, et il est fâcheux que nous n'ayons aucune information sur eux. M. Maufras nous dit bien qu'à « Bougnaud et à Salignac nous retrouvons la couche inférieure et avec elle le Saint-Acheul pur ; qu'à Mosnac, au contraire, c'est le Saint-Acheul associé au Moustérien que nous rencontrons, et que partout où il a pu explorer avec fruit le diluvium rouge, il a pu reconnaître le troisième type. » Mais est-il bien sûr que la couche de Bougnaud soit celle de Salignac, et que toutes les deux correspondent exactement à la couche inférieure de Pinthiers ? A Mosnac avons-nous certainement la seconde couche de ballast du même dépôt-type de Pinthiers ? Car, « toutes les ballastières de la vallée de la Seugne ne présentent pas les trois couches superposées, » et les carrières de Bougnaud, de Salignac et de Mosnac doivent évidemment, d'après la phrase de M. Maufras, être rangées parmi les incomplètes. Quelques renseignements topographiques sur toutes ces localités, sans oublier celles où le diluvium rouge a été exploré avec ou sans fruit, seraient fort utiles, et il serait intéressant de pouvoir constater si, d'après la théorie de MM. de Mortillet et Cartailhac, leur position et leur niveau rangent bien ces gisements dans l'ordre chronologique que leur industrie leur assigne. En tout cas, et quand bien même cet accord existerait, ce que j'ai dit de la ballastière-type de Pinthiers subsisterait tout entier et s'appliquerait également aux autres dépôts de la vallée de la Seugne.

Je viens, Monsieur, d'essayer de vous montrer que les faits sur lesquels a été élevée la théorie que je combats, ou qui ont semblé lui être conformes, ne sont pas aussi concluants que vous le pensez ; si ce n'est pas abuser de votre patience, je vous demanderai encore la permission d'appeler votre attention sur d'autres découvertes que je crois inconciliables avec cette classification.

Dans mon essai sur le limon des plateaux du nord de la France, j'ai cité le gisement de Cologne, « situé sur l'un des plateaux séparatifs des bassins de la Somme et de l'Escaut (1), » dans lequel le type du Moustier est, non pas prépondérant, mais on peut presque dire seul et unique ; j'ai également rappelé plusieurs stations qui ont été décrites par

(1) J. Pilloy. *L'Atelier quaternaire de Cologne*, in 8° 1875. p. 8. — Le non-remaniement du terrain m'y paraît évident.

M. Evans dans son bel ouvrage sur les Ages de la pierre (1), qui ont fourni tout ensemble les types de Saint-Acheul et du Moustier, bien qu'elles soient à des niveaux très différents (2). Dans l'article plein de courtoisie qu'il a bien voulu consacrer à l'analyse de mon étude (3), M. Cartailhac passe ces gisements sous silence, — je crois donc pouvoir les maintenir, au moins en partie, parmi ceux qui me sont favorables — mais il repousse les conclusions que j'ai tirées de trouvailles faites par moi dans des alluvions situées jusqu'à 104 mètres d'altitude, dans lesquelles les types de Saint-Acheul et du Moustier sont réunis.

Je vais tâcher de répondre en quelques mots à ces objections.

Je reconnais sans peine « qu'il y a loin de certains silex taillés de Démuin (c), aux types dits grattoirs et racloirs du Moustier ou des époques plus récentes, » si par grattoirs et racloirs du Moustier M. Cartailhac entend désigner ceux *de la grotte du Moustier* ou d'autres stations analogues; mais je dois rappeler encore une fois qu'il n'y a ici en cause que le type du Moustier *du diluvium;* et les éclats, grattoirs, racloirs, couteaux de Démuin (c) ne le cèdent en rien à un grand nombre de ceux du Pecq et de Paris. S'ils sont inférieurs à quelques-uns d'entre eux, ce n'est là qu'une nuance, à laquelle on ne saurait attribuer une signification chronologique. On n'est pas encore arrivé, que je sache, à exiger pour reconnaître la contemporanéité des gisements, que ce que l'on connaît de leur industrie révèle identiquement le même degré d'habileté ; pour ne citer qu'un exemple, à Monguillain, où, par parenthèse, les haches de Saint-Acheul sont assez nombreuses, les pointes, les scies, les racloirs, en un mot les objets du type du Moustier, sont certainement en général plus réguliers, mieux travaillés qu'à Paris et qu'au Pecq. Cependant, M. de Mortillet ne range-t-il pas toutes ces stations dans la même période?

En second lieu, je ferai remarquer au savant directeur des *Matériaux* que si cet atelier de Démuin appartenait à une époque de transition, comme il semble disposé à le croire (4), cette transition, d'après sa théorie, ne se serait pas produite après le moment où furent taillés les silex de Saint-Acheul, mais bien auparavant; car les alluvions de Démuin étant à 104 mètres d'altitude, tandis que celles de Saint-Acheul ne dépassent

(1) John Evans. *Les Ages de la pierre*, trad. d'E. Barbier. G. Baillière 1878. Voir entre autres endroits, p. 526 et suiv.

(2) Dans celle de High-lodge le type du Moustier semble même avoir la prépondérance, d'après la manière dont s'exprime le savant auteur. Le nom de la localité porte cependant à croire que ce gisement ne doit pas être un de ceux des bas niveaux.

(3) *Matériaux*.. 1878 p. 517 et suiv.

(4) Loc. cit .., p. 522.

guère une soixantaine de mètres, les premières devraient être beaucoup plus anciennes que les secondes ; en sorte que si Démuin (c) nous offrait véritablement la transition du type de Saint-Acheul à celui du Moustier, Saint-Acheul devrait présenter tout au moins une très forte prépondérance, non pas de l'Acheuléen sur le Moustiérien, mais bien du Moustiérien sur l'Acheuléen.

Enfin je serais heureux de savoir si M. Cartailhac admet le cataclysme, la grande inondation dont, après Belgrand et tant d'autres savants, j'ai cru distinguer les traces.

S'il l'admet, je conviens avec lui qu'évidemment des objets d'époques diverses peuvent être côte à côte dans les limons qu'elle a laissés après elle ; mais, de son côté, il devra reconnaître que, dans aucun gisement, nous ne pourrons discerner la part qu'il conviendrait de faire sous ce rapport à une cause autre que l'action des eaux ; et dès lors, mélange et même séparation des types, prépondérance de l'un sur l'autre, il nous sera loisible partout d'attribuer tout cela aux caprices de l'inondation, ou plutôt à ses effets complètement inexplicables pour nous. Et ce que je dis des limons des plateaux s'applique de même aux formations sableuses et caillouteuses, diluviennes ou quaternaires — comme on voudra les appeler —. Elles sont antérieures aux derniers dépôts limoneux du cataclysme, puisqu'elles sont recouvertes par eux ; par conséquent, quelles qu'aient pu être leur origine et leur position premières, on pourra toujours arguer de leur remaniement du fait de cette inondation ; et il faudra renoncer à toute distinction chronologique entre elles, ainsi qu'entre les divers débris de l'industrie humaine qu'elles renferment.

Si M. Cartailhac ne croit pas à l'inondation, il ne peut pas l'invoquer pour expliquer la réunion d'objets appartenant, selon lui, à des industries et à des époques différentes ; et mes gisements de Démuin et d'autres endroits de nos plateaux conservent toute leur valeur contre sa classification.

Ce ne sont pas seulement les silex taillés des alluvions des plateaux que j'ai trouvés rebelles à cette théorie.

J'ai montré tout à l'heure avec quelle force le gisement de Chelles se retourne contre elle, après avoir paru d'abord l'appuyer.

Sans m'arrêter aux stations de Saint-Roch, d'Abbeville et de Menchecourt, que j'ai aussi déjà rappelées et qui, du reste, sont connues de toutes les personnes qui s'occupent de ces questions, à Saint-Acheul les travaux exécutés il y a peu de temps par la Compagnie du chemin de fer du Nord pour agrandir le réservoir de la gare, ont mis au jour quelques haches. Elles sont exactement semblables à celles que l'on trouve dans les carrières situées sur le même coteau à 15 et 20 mètres plus

haut, et le type du Moustier n'était nullement plus abondant dans le premier endroit qu'il ne l'est dans les autres.

A Thennes, dans ces alluvions rangées si facilement par M. de Mortillet parmi les plus anciennes, parmi celles des hauts niveaux, les caillloutières (1) sont au moins de 15^{m},50, c'est-à-dire, au moins de moitié moins élevées qu'elles ne le sont à Saint-Acheul au-dessus du fond de la vallée, et cependant le type de Saint-Acheul y est beaucoup plus prépondérant qu'à Saint-Acheul même (2).

Maintenant, Monsieur, je vous le demande, ai-je eu tort d'assurer, en commençant cette trop longue lettre, que mes observations d'il y a cinq ans n'avaient pas été refutées, qu'aucune découverte n'était venue les contredire, et que même plusieurs faits nouveaux les avaient confirmées ; et ne puis-je pas le répéter encore aujourd'hui ?

La superposition directe, dans la même sablière, du type du Moustier à celui de Saint-Acheul n'a été constatée nulle part dans les alluvions diluviennes, et au contraire leur mélange y a été observé en différents endroits et à des altitudes très diverses.

La prépondérance de l'un ou de l'autre de ces types sur son rival n'a aucune corrélation avec les hauteurs des gisements dans lesquels elle existe ; car non seulement les bancs diluviens où l'un de ces types a été reconnu dominer, sont séparés et même fort éloignés de ceux dans lesquels l'autre type a la prépondérance, en sorte que l'on ne saurait légitimement comparer entre elles les industries qui caractérisent ces stations, mais encore l'un au moins de ces deux types domine dans des dépôts situés à tous les niveaux (3).

Par conséquent rien ne permet d'établir *dans le diluvium* une relation chronologique, une succession entre ces deux types.

Je crois pouvoir ajouter que, quand même maintenant la superposition du type du Moustier à celui de Saint-Acheul se rencontrerait dans des

(1) Pardon de ce néologisme; il est si commode !

(2) Les *Matériaux* ont bien voulu imprimer une note de moi à ce sujet, 1879, p. 182.

(3) Quand elle est reconnue d'une façon positive dans tout un groupe d'alluvions, quand elle caractérise en quelque sorte une région, cette région fût-elle restreinte, la prépondérance de l'un ou de l'autre de ces types me paraît toujours devoir fournir une indication bien plutôt ethnographique que chronologique, et devoir être attribuée aux habitudes des populations qui habitaient ces localités. La diversité des coutumes et l'inégalité de l'habileté ne doivent pas nous surprendre, puisqu'on en trouve de toutes semblables chez les tribus sauvages qui subsistent encore de nos jours.

couches stratifiées directement les unes au-dessus des autres, ou quand la prépondérance du premier type, puis celle du second seraient constatées en des points étagés suivant le même ordre de haut en bas dans le même banc d'alluvions ou dans des bancs situés à de faibles distances les uns des autres dans une même vallée, on ne saurait, en présence des exemples contraires, en déduire une loi générale ; et que la cause de ces faits, au lieu d'être attribuée à une différence d'époques, devrait être rangée, comme je l'ai indiqué tout à l'heure, parmi celles des irrégularités de ces formations, dont l'extrême variabilité de composition et de structure reste pour nous inexplicable, au moins d'une façon précise et rigoureuse.

Je crains vraiment, Monsieur, d'avoir abusé de votre patience, en vous soumettant toutes ces observations. Mais le hasard m'a permis d'exploiter une veine extrêmement riche, dont l'étude prolongée m'a conduit à des conclusions toutes différentes de celles qui sont généralement admises. Le désir et l'espoir d'apporter quelque lumière dans ces questions m'ont décidé à faire connaître les résultats de mes recherches ; aujourd'hui je saisis avec empressement l'occasion que m'offre votre très indulgent article de continuer une discussion, que je suis loin de craindre, quoi qu'on ait pu dire (1), et de répondre aux objec-

(1) Dans son article sur les Critiques de l'Anthropologie, publié dans la *Revue scientifique* du 18 novembre 1878, p. 363, M. de Mortillet a dit: « Si quelques expositions que je pourrais appeler d'opposition, ne se voient pas dans nos galeries, c'est qu'elles ont refusé d'y venir malgré nos demandes réitérées. Ainsi, j'ai plusieurs fois sollicité M. d'Acy pour qu'il nous confiât sa magnifique collection de Saint-Acheul et de Thennes, bien qu'il prétende que cette collection est en opposition avec ma classification des temps préhistoriques. Il a préféré la mettre à l'Histoire de l'art. A-t-il eu peur des rapprochements et de la comparaison ? Si quelqu'un a craint la lumière et la discussion, ce n'est pas nous. »

Je n'ai malheureusement connu cette insinuation peu charitable que trop tardivement pour pouvoir y répondre en lieu et temps utiles.

Elle m'a étonné, je l'avoue.

J'aurais cru que M. de Mortillet me connaissait assez pour ne pas me soupçonner d'avoir de si mesquins et de si vilains sentiments. Il devait savoir que si j'avais préféré les galeries de l'Art ancien, où, par parenthèse, la comparaison ne laissait pas d'être redoutable, je l'avais fait uniquement parce que je ne voulais pas figurer dans une exposition dont les organisateurs — non pas tous, j'en conviens, mais en si grande majorité que l'on peut en quelque sorte dire tous — étaient des adeptes et des propagateurs ardents de doctrines que je réprouve de toutes mes forces. On a vu comment, sous cette direction, la glorification et la diffusion de ces mêmes doctrines sont devenues de plus en plus évidemment les buts, sinon uniques au moins principaux, de cette exposition. Est-il nécessaire de rappeler, entre autres choses,

tions qui ont été soulevées contre moi par vous et par d'autres savants.

Si j'ai été importun, j'espère que vous m'excuserez en considération du prix que j'attache à vos suffrages, et du désir que j'éprouve de vous gagner à ma cause.

Veuillez, je vous en prie, Monsieur, agréer mes remercîments ainsi que l'expression de mes sentiments les plus distingués.

E. D'ACY
Membre de la Société d'anthropologie de Paris.

Les explications de M. d'Acy me paraissent décisives, en ce qui concerne la vallée de la Somme.

Observateur consciencieux et éclairé, établi sur les lieux mêmes, il se trouvait dans une situation exceptionnelle pour former de magnifiques séries ; et, quelle que soit la valeur des collections du musée de Saint-Germain, dont s'autorise M. de Mortillet, elles ont incontestablement le défaut d'avoir été, en majeure partie, formées de seconde main. Les ouvriers qui en ont recueilli les pièces ont pu et ont dû faire le triage inconscient dont M. d'Acy a signalé les motifs et les effets. Je me vois donc forcé sans regrets de donner, sur ce premier point, gain de cause à M. d'Acy, et de reconnaître avec lui que les faits signalés dans les vallées

ces promenades, ces conférences dans *leurs* galeries, dans lesquelles MM. les professeurs de l'École d'anthropologie rééditaient ou continuaient leurs cours de la rue de l'École de médecine, sans avoir besoin d'un grand courage pour ne pas craindre la contradiction, puisque seuls ils avaient la parole.

Avoir refusé de faire acte d'adhésion à cette entreprise, est-ce « avoir craint la lumière et la discussion » ? Je ne l'ai jamais pensé, et je ne le pense pas encore.

La distance qui séparait les salles de l'Art ancien de celles des Sciences anthropologiques n'était pas telle, d'ailleurs, que les personnes qui s'occupent de ces questions ne pussent faire de souvenir une étude comparative des silex exposés dans les unes et dans les autres, et tirer de ces rapprochements toutes les déductions qu'ils comportaient.

Que M. de Mortillet n'ait pas pu faire les honneurs de ma collection à ses auditeurs, en ajoutant au profit de sa thèse à cette présentation des considérations developpées avec son habileté ordinaire, je n'en disconviens pas ; mais je déclare sans honte que je ne le regrette pas ; et parce que ma détermination première m'a évité le désagrément, que je ne prévoyais même pas, d'être combattu sans pouvoir me défendre véritablement, je ne crois pas qu'à cause de cela encore elle autorise à dire que « j'ai craint la lumière et la discussion. »

de la Marne et de la Seugne n'ont pas la valeur absolue qu'on leur avait prêtée et que j'étais moi-même disposé à leur attribuer.

Passons à la vallée de la Seine.

Les choses se présentent là comme dans celle de la Somme, dit M. d'Acy. Il n'y a pas de différence de faune entre les hauts niveaux de Montreuil, et les alluvions de Grenelle qui occupent les bas niveaux. Nulle part on ne voit la superposition des deux étages industriels de M. de Mortillet. A Grenelle règne encore l'industrie de Saint-Acheul.

Vous faites une confusion, pourrait répondre M. de Mortillet. Les couches inférieures de Grenelle représentent l'Acheuléen, c'est très vrai ; mais par dessus, en stratification régulière on trouve une succession de couches très distinctes où la faune et l'industrie se transforment. Ces nouvelles couches représentent les bas niveaux de la vallée de la Seine. Les espèces méridionales y sont peu à peu remplacées par les espèces du nord; le type acheuléen devient rare ou disparaît, pour faire place à ce qui caractérise mon époque moustérienne.

Et en effet, M. d'Acy me semble négliger ou omettre les observations recueillies par MM. Martin, Reboux, etc., dans la vallée de la Seine où le quaternaire le plus récent (Grenelle, Le Pecq Levallois, Clichy etc.) paraît bien réellement représenter un autre âge et une autre industrie que le quaternaire de la vallée de la Somme.

Mais avons-nous bien là le type moustérien tel que l'a défini M. de Mortillet? Ce qui abonde dans le quaternaire parisien récent, ce sont les lames, les couteaux, signalés au contraire comme rares dans le moustérien-type.

On sait d'ailleurs que la station du Moustier n'est point un gisement des alluvions, mais une grotte de la Dordogne, explorée par MM. Christy et Lartet. Sur quoi M. de Mortillet s'est-il donc appuyé pour assimiler cette station de troglodytes aux alluvions quaternaires des bas niveaux ?

Sur la faune ? Mais la faune est très pauvrement représentée au Moustier. Sur l'industrie ? Mais les formes caractéristiques du Moustier se trouvent déjà dans les alluvions les plus anciennes de la vallée de la Somme.

Dira-t-on avec M. de Mortillet que les rapports des différents types ne sont pas les mêmes au Moustier que dans les alluvions anciennes ? Que la hache de Saint-Acheul y représente seulement les 10 à 15 centièmes de la masse des silex ouvrés ? Que la pointe moustérienne taillée d'un seul côté y compte pour 50 p. c., et le racloir courbe, un autre type moustérien d'après M. de Mortillet, pour 20 p. c.? Mais M. d'Acy nous apprend que le rapport numérique de ces différents types, tels qu'on les observe dans le quaternaire ancien de la Somme est variable suivant les localités, sans que les niveaux y soient pour rien. Et d'ailleurs, peut-on comparer l'in-

dustrie des alluvions où les silex taillés sont distribués dans un ordre accidentel avec l'outillage d'une grotte où la main de l'homme a formé leur association.

En tout état de cause le type du Moustier ne me paraît pas heureusement choisi. La pauvreté de la faune lui enlève un caractère de classification essentiel. Il est vrai que M. de Mortillet mentionne dans ses tableaux de classification d'autres stations avec les mêmes caractères industriels, où la faune est plus complète. Telle est la grotte de la Martinière (Vienne) où M. Brouillet signale le renne, le cheval, l'aurochs, le bœuf, l'ours des cavernes, l'hyène des cavernes, le loup, le chien, le blaireau. Telle est aussi la grotte de Vallières (Loir-et-Cher) où M. Bouvet a trouvé l'hyène, le lion, le rhinocéros tichorhinus, le cerf mégacéros, le cerf élaphe, le bœuf, le loup, le renard, etc.

On pourrait citer un grand nombre de grottes où l'on rencontre, associée à des silex taillés, la faune que M. de Mortillet désigne sous le nom de boréale, c'est-à-dire où manquent l'éléphant antique et l'hippopotame. Or, d'après la synthèse du savant directeur du musée de Saint-Germain, les types industriels associés à cette faune devraient offrir des caractères constants. Mais il s'en faut bien qu'il en soit ainsi, comme je vais le montrer par des exemples.

A Soyons (Ardèche), MM. Lepic et de Lubac ont recueilli des silex reproduisant parfaitement le type moustérien de M. de Mortillet. Le type de Saint-Acheul y manque tout à fait. Mais, en revanche, les éclats et les couteaux sont abondants. Comme au Moustier, les os travaillés font défaut. La faune est la suivante : le rhinocéros, l'éléphant, le cheval, le bouquetin, le renne, le chevreuil, le cerf, le bœuf, le sanglier, l'ours des cavernes, l'hyène des cavernes, le chien, le loup.

A la grotte de Germolles (Saône-et-Loire), explorée par M. Ch. Méray, le type de Saint-Acheul domine associé au moustérien (1), à de nombreux éclats du type couteau, à des grattoirs identiques à ceux de l'époque du renne ou de la pierre polie, à de nombreux os travaillés, poinçons, lissoirs, marques de chasse, etc. La faune renferme : le mammouth, le rhinocéros tichorhinus, l'ours des cavernes, l'hyène, le lion, le renne, le cheval, le bœuf (bos primigenius), le sanglier, le loup, le renard, le blaireau et un cerf.

A Vergisson (Saône-et-Loire) M. de Ferry a retrouvé l'industrie du Moustier assez grossièrement représentée, mais sans mélange d'Acheuléen ni de formes plus récentes. Il n'y avait en fait d'os travaillés que l'os du rocher d'un bœuf percé d'un trou de suspension. La faune comprenait : l'éléphant, le grand bœuf, le renne, le cheval, le grand ours

(1) Dans la proportion de quinze pointes de Saint-Acheul pour neuf du Moustier.

des cavernes, le lion des cavernes, l'hyène, le loup, le renard et la tortue (?).

A Solutré, en stratification régulière sous le gisement de l'âge du renne, j'ai exploré avec M. l'abbé Ducrost des couches caractérisées par une faune analogue aux précédentes. Nous y trouvons : le mammouth, le lion, l'ours et l'hyène des cavernes, le cheval, le renne, le saïga, un grand bœuf, le cerf, une marmotte, le loup. L'outillage se compose des types du Moustier mêlés à quelques types acheuléens. Nous y avons rencontré, comme à Germolles, de nombreux couteaux, des grattoirs abondants, absolument semblables à ceux des couches supérieures de l'âge du renne, des os travaillés pour servir de poinçons, de lissoirs, de marteaux, de marques de chasse, des bois de renne percés d'un trou, comme les bâtons de commandement des Eyzies ou de la Madeleine, mais plus courts (1).

Ces exemples démontrent bien clairement que la faune restant à peu près la même, l'industrie subit au contraire des modifications importantes. Entre Germolles et Soyons, par exemple, avec une faune identique, le contraste est frappant.

Quelle est la signification de ces modifications industrielles ? Représentent-elles des époques différentes et des étapes successives dans la voie du progrès ? Les partisans des doctrines transformistes ont introduit en archéologie cette idée que, étant données deux industries l'une plus parfaite et l'autre moins, la plus parfaite est postérieure à l'autre. Mais c'est un principe faux dans bien des cas. On ne peut pas traiter les produits de l'industrie humaine comme des organismes fossiles. Les lois qui président à leur développement ne sont pas les mêmes. Où l'homme intervient, l'imprévu surgit à chaque pas. Laissons donc les transformistes s'obstiner dans cette voie peu sûre, si cela leur plaît, et cherchons la lumière ailleurs. Expliquerons-nous les différences industrielles en question, par l'hypothèse qu'elles sont l'œuvre de populations distinctes ? Cela ne nous avancerait pas beaucoup. Ce serait substituer une hypothèse à une autre.

C'est-à-dire que la méthode archéologique réduite à ses seules ressources est absolument insuffisante. A défaut de lumières tirées de la paléontologie et de la stratigraphie, la prudence la plus élémentaire commande une extrême réserve.

Mais est-ce bien là le cas pour les gisements précédemment cités ?

L'un d'eux au moins occupe une position stratigraphique bien définie. C'est le gisement de Solutré, reposant immédiatement sous les couches de l'âge du renne. Paléontologiquement il se distingue des autres par

(1) Ce gisement, encore inédit, sera prochainement l'objet d'une publication que je prépare en collaboration avec M. l'abbé Ducrost.

l'absence du rhinocéros. Voilà donc un bon jalon, stratigraphique et paléontologique tout à la fois. L'extinction du rhinocéros me paraît avoir, pour dater certains gisements, la même valeur que l'extinction du renne, de l'éléphant antique et de l'hippopotame. Ces animaux disparaissent successivement à mesure que le climat se modifie. Leur présence ou leur absence est ce qu'il y a de plus caractéristique dans les associations paléontologiques des différents niveaux quaternaires. A Grenelle, d'après les observations de M. Martin citées par M. Hamy (1), l'éléphant antique ne se trouverait pas au-dessus de 7 mètres de profondeur, l'hippopotame de 5 mètres, le mammouth de 3 mètres et le renne de 2 mètres.

Mais la division de la faune, proposée par M. de Mortillet, en faune boréale et faune méridionale, suppose une ligne de séparation qui n'existe pas dans la réalité. Dans le quaternaire le plus ancien et même dans le pliocène supérieur, nous trouvons déjà le mélange des espèces boréales et méridionales avec la faune des régions tempérées. Voilà le fait fondamental.

Il n'y a qu'un moyen d'expliquer cette singulière association. C'est de supposer un climat tempéré avec des alternatives de saisons qui ramenaient en été les espèces méridionales, en hiver les espèces boréales, en sorte que les unes et les autres ont pu laisser leurs dépouilles au même lieu à de courts intervalles. C'est l'explication qu'en donne M. Boyd Dawkins et je n'en connais pas de meilleure. L'étude de la flore des tufs quaternaires de La Celle, près Moret (Seine-et-Marne) par M. de Saporta, et des mollusques associés, par M. Tournouër, permet de fixer la moyenne de la température d'alors entre 14° et 16° au lieu de 10° et 11° qui est la moyenne actuelle. Cette légère élévation de température permettait au figuier (*Ficus carica*) de prospérer sous la latitude de La Celle, dont la flore et la faune accusent moins un climat méridional qu'un climat humide et tiède ; ce qui n'exclut pas certains écarts de température aux saisons extrêmes (2).

Quelle place faut-il assigner dans la chronologie géologique à cette faune mixte ? Est-elle préglaciaire, interglaciaire ou postglaciaire ? La question est importante au point de vue anthropologique, puisque l'homme apparaît avec elle. M. de Mortillet considère le tailleur de haches des alluvions de la Somme comme préglaciaire, ce qui tend à le vieillir considérablement, parce que l'enchaînement des phénomènes glaciaires suppose une très longue période.

(1) *Matériaux pour l'hist. primit. et natur. de l'homme*, t. IX, p. 249.

(2) Voir Cte Gaston de Saporta, Sur le climat présumé de l'époque quaternaire, dans *Congrès international d'anthrop. et d'arch. préhist.*, session de Stockholm p. 80 ; et Tournouër, Note complémentaire sur les tufs quaternaires de La Celle dans *Bullet. de la Soc. géolog.*, t. V, 3e sér., p. 646.

En effet, dès la fin de l'époque pliocène on voit se produire les indices d'un refroidissement progressif de l'hémisphère nord. Le Forest-bed du Norfolk, qui est le terme supérieur de la série pliocène en Angleterre, renferme déjà le mammouth et des espèces des climats tempérés telles que le cerf élaphe, le chevreuil, le bœuf (bos primigenius) la taupe européenne, le castor, etc.

Quand le refroidissement eut atteint son maximum, une grande partie de l'Europe septentrionale se trouvait submergée sous la mer du Nord. Des glaciers de la Scandinavie se détachaient des glaces flottantes chargées de blocs erratiques qu'elles venaient échouer jusque sur les côtes submergées de l'Angleterre, de la Belgique, du Hanovre, de la Prusse et de la Russie.

Le sud de l'Angleterre, le nord de la France, la Normandie, la Picardie, formaient le littoral de cette mer glaciale. Bien qu'émergées, ces régions n'échappèrent pas aux influences glaciaires ou diluviennes. Les plateaux du nord de la France subirent alors des dénudations énormes, impossibles à expliquer sans l'intervention des glaces ou de grandes masses d'eau. Les vallées furent creusées et des alluvions considérables s'y entassèrent. Les Alpes, les Pyrénées, les Vosges, les montagnes du Plateau Central de la France, celles d'Écosse, d'Irlande et du pays de Galles se couvrirent de glaciers. La vallée de la Seine recevait alors les blocs erratiques du Morvan et le glacier du Rhône descendait jusqu'à Lyon, couvrant une partie de la Bresse et portant ses blocs erratiques à plus de mille mètres d'altitude sur les flancs du Jura. Les causes qui avaient produit cette perturbation dans le climat européen cessant d'agir, les phénomènes qui en étaient la conséquence allèrent s'atténuant progressivement, et les glaciers rentrèrent lentement et non sans quelques alternatives de va-et-vient, dans les limites où nous les voyons.

Après que le paroxysme glaciaire fut passé, les plaines de la Normandie, de-la Picardie, de l'Angleterre, encore réunies, furent repeuplées par une faune de retour, qui est la faune de notre quaternaire ancien. En été, les espèces méridionales remontaient jusque sur les bords de la Seine, de la Somme, de la Tamise. C'étaient l'éléphant antique, le rhinocéros (*R.leptorhinus* et *Merkii*) le lion, l'hyène, le machairodus, dernier témoin des temps pliocènes. En hiver, cette faune rétrogradait vers le sud. Ces déplacements ne supposent pas nécessairement de longues migrations. La faune méridionale pouvait en effet trouver sur les rivages de l'océan, sans aller très loin, des régions privilégiées sous le rapport du climat. Ne voit-on pas de nos jours le chêne vert prospérer à Noirmoutier et à Quimper, le figuier en Vendée et en Bretagne, les arbousiers en Irlande et les lauriers à la baie d'Audierne ? Le renne et les autres animaux de la faune boréale descendaient, en hiver, des montagnes de

l'Écosse, du Plateau Central ou des Alpes, dont les hautes régions étaient encore occupées par les neiges éternelles.

Cette seconde phase des temps quaternaires correspond à une période de soulèvement pendant laquelle les rivières déblayèrent leurs vallées, encombrées d'alluvions et de terrains erratiques au moment du paroxysme glaciaire. C'est de cette époque que date la formation des alluvions quaternaires des vallées de la Seine, de la Somme et de la Tamise. C'est alors aussi que l'homme fit son apparition dans l'Europe occidentale, ou qu'il y revint si tant est qu'il y ait vécu déjà à l'époque tertiaire.

L'homme des alluvions de la Somme et de la Seine est donc postglaciaire, c'est-à-dire postérieur au paroxysme glaciaire. Ce qui ne veut pas dire qu'on ne puisse pas trouver ses vestiges en rapport avec des dépôts glaciaires dans les régions montagneuses où le régime glaciaire se prolongea plus longtemps. De même aussi, s'il a vécu à l'époque tertiaire et si, avec la faune pliocène, il a fui l'invasion du froid vers des régions plus tempérées, il doit y avoir quelque part en Espagne, en Afrique ou dans le sud de l'Europe, les traces d'un homme contemporain de l'époque glaciaire, associées à une faune tertiaire plus ou moins modifiée.

En résumé, l'époque glaciaire n'est pas, comme l'a très bien dit M. Boyd Dawkins, « un bon jalon, une ligne exacte et précise de démarcation entre une faune et une autre. La classification au moyen des glaciers est une chose, et la classification au moyen de la faune est une toute autre affaire. » A la même époque l'homme européen a pu être postglaciaire, ou interglaciaire, et nous le trouvons, associé à une faune boréale, à une faune méridionale ou à une faune mixte.

Mais ce qui, dans tous les cas, me paraît résulter des faits avec évidence, c'est que l'homme quaternaire n'apparaît en France et en Angleterre que longtemps après le paroxysme glaciaire. Les observations recueillies dans l'intérieur du continent permettent de conclure dans le même sens. Voici par exemple ce qui s'est passé dans la vallée de la Saône. Au moment de la grande extension des phénomènes glaciaires, le glacier du Rhône descendait, comme je l'ai déjà dit, jusqu'à Lyon, se heurtait aux collines du Lyonnais et obstruait par conséquent la vallée inférieure de la Saône, ce qui détermina la formation d'un grand lac, dont les alluvions couvrent encore les coteaux du Mâconnais jusqu'à près de 200 mètres d'altitude et dont les eaux s'élevèrent à plus de 100 mètres au-dessus du lit actuel de la Saône. Cet état de choses ne cessa qu'après le retrait des glaces. Or nous avons à Charbonnières une station parfaitement caractérisée, autant qu'on en peut juger par l'industrie, comme étant de l'époque de Saint-Acheul (1). Elle est dans une terrasse d'alluvions qui ne

(1) De Ferry : *Mâconnais préhistorique*, p. 16. A Charbonnières le type de

se trouve pas à plus de 20 mètres au-dessus de la Saône. L'homme de Saint-Acheul a donc vécu là, après le retrait du glacier du Rhône, à une époque où le creusement de la vallée était à peu près effectué.

J'en dirai autant de la station de Germolles qui n'est qu'à 5 mètres au-dessus de l'Orbize et au même niveau que Charbonnières par rapport à la Saône.

L'époque du renne fut-elle, comme quelques auteurs le pensent, un retour à une période plus froide ? Je ne le crois pas. Si l'on remarque que toutes nos stations de l'âge du renne sont groupées autour de massifs montagneux, des Alpes, des Pyrénées, du Plateau Central, n'est-on pas autorisé à admettre qu'elles marquent simplement la fin de l'influence glaciaire dans les hautes régions, ou d'un régime plus humide, après quoi le climat devint plus sec, plus continental et reprit son évolution lente pour s'acheminer vers ce qu'il est aujourd'hui. Le renne n'a pas cessé d'habiter nos massifs montagneux depuis l'époque où vivait la faune de Saint-Acheul, jusqu'à la fin de ce que les archéologues appellent proprement l'âge du renne. Le développement particulier de cet animal à un certain moment, peut tenir simplement à la diminution des grands carnassiers et peut-être à la domestication. A Solutré, l'âge du renne pourrait être appelé aussi bien l'âge du cheval ou des herbivores, dont le développement n'est point l'indice d'un climat très froid et très sec (1).

En résumé tous les phénomènes quaternaires peuvent s'expliquer par une seule et unique perturbation climatérique, qui a eu son paroxysme et dont les effets sont allés s'atténuant jusqu'à la fin de l'époque dite du renne. Ces effets sont complexes et varient suivant qu'on les étudie dans des pays de plaines ou de montagnes, au nord ou au midi, ce qui crée de grandes difficultés pour qui cherche à en rétablir l'enchaînement.

La tendance actuelle des savants est de leur attribuer une durée énorme. Cela est vrai, si l'on parle de l'ensemble des événements qui se groupent autour de la perturbation glaciaire. Mais il faut diviser l'époque quaternaire en deux périodes : l'une, la plus ancienne, très longue, purement géologique ; l'autre anthropologique, beaucoup plus courte puisque l'homme est certainement postérieur à la grande extension des glaciers.

Saint-Acheul l'emporte de beaucoup sur la pointe-type du Moustier qui est rare. Les racloirs courbes, les disques, les éclats y sont communs. On y trouve une assez grande variété d'instruments destinés à percer ou à couper.

(1) M. Gaudry, le savant professeur du Muséum de Paris, est porté à admettre que l'âge du renne coïncide avec un retour à une température froide. Mais il reconnaît que la diminution de température n'a pas dû se produire partout. Son opinion n'est donc pas inconciliable avec celle que je soutiens, à savoir que l'âge du renne a surtout le caractère d'un fait local.

Le temps nécessaire pour le déblaiement des vallées de la Somme et de la Seine, déjà creusées à l'époque tertiaire et remplies d'alluvions pendant le paroxysme glaciaire, n'a rien qui effraie l'imagination, quoi qu'en disent Lyell et les géologues de son école. Des cours d'eau aussi puissants que ceux de l'époque quaternaire durent opérer ce déblaiement d'autant plus vite qu'ils agissaient sur des terrains meubles et désagrégés.

Nous voilà bien loin de notre point de départ. Une discussion à propos des alluvions de la Somme nous a entraînés à passer en revue toute la classification des temps quaternaires. C'est qu'en effet M. de Mortillet ayant assimilé les gisements des alluvions à ceux des grottes, il était naturel de le suivre sur ce terrain.

Nous y avons trouvé la confirmation des vues de M. d'Acy. Dans les grottes comme dans les alluvions, les faits s'adaptent mal, quant aux détails, à la classification proposée par M. de Mortillet. J'ai cité l'exemple de Soyons et de Germolles, où la faune est la même et le type industriel différent. Qu'en conclure ? Avons-nous affaire à deux époques distinctes ou à des groupes ethniques différents ? Il serait difficile de formuler à ce sujet autre chose que de simples hypothèses. Tout ce qu'on peut dire c'est que la hachette de Saint-Acheul et la pointe du Moustier paraissent être au même degré caractéristiques des temps antérieurs à l'âge du renne.

Considérés non plus industriellement mais paléontologiquement, les gisements de cette époque sont susceptibles de se prêter à un certain classement chronologique. Je n'admets pas la division en faune méridionale et faune boréale, et j'ai dit pourquoi. Le véritable caractère de la faune quaternaire, telle qu'elle se manifeste dans les gisements ossifères, est d'être une faune mixte ; et ce caractère elle le conserve jusqu'à la fin de l'âge du renne, jusqu'aux confins de l'époque géologique actuelle, puisqu'aux Eyzies on trouve encore l'éléphant et le lion. Mais à la fin de l'âge du renne tout change, et tout change assez brusquement. C'est donc la place d'une coupure très bien justifiée.

Mais il y a une autre remarque à faire. Il s'est produit dans cette faune des extinctions successives qui ont porté principalement sur les espèces méridionales. Ici nous trouvons l'éléphant antique et l'hippopotame (Saint-Acheul) ; ailleurs ces deux espèces manquent, mais le rhinocéros subsiste encore (Soyons, Germolles.) ; puis le rhinocéros disparaît à son tour (Solutré inférieur). N'y a-t il pas là la base d'au moins trois subdivisions, que l'on pourrait appeler, si l'on veut, l'Acheuléen inférieur, moyen et supérieur, et qui formeraient ensemble le quaternaire ancien, antérieur à l'âge du renne.

Inutile d'ajouter que cette classification ne serait dans tous les cas applicable qu'à la France ; et encore, avant de généraliser, faudrait-il

comparer les gisements quaternaires par bassins et par zones climatologiques.

Telles sont les réflexions que m'a suggérées la lettre de M. d'Acy. Si je me suis associé à ses critiques concernant la classification de M. de Mortillet, ce n'est pas que je veuille contester l'importance et l'utilité de celle-ci. Mais comme toute classification, elle est certainement perfectible dans une certaine mesure, et quels que soient les remaniements qu'elle ait à subir, on n'oubliera pas que son auteur est un des premiers qui aient cherché à mettre un peu d'ordre dans ce chaos qu'on appelle l'époque quaternaire. C'est un mérite que ne contesteront pas ceux qui ont mis la main à cette œuvre et qui en connaissent par conséquent les difficultés.

ADRIEN ARCELIN.

ASTRONOMIE.

Accélération séculaire du mouvement de la lune. — Il y a trois siècles environ, Copernic introduisait dans les tables astronomiques le mouvement des planètes autour du soleil ; un siècle plus tard, Képler y faisait entrer les lois du mouvement elliptique, reconnues par l'observation, et bientôt après Newton les rattachait à la loi plus générale de la gravitation universelle. L'attraction en raison directe des masses et en raison inverse du carré des distances, devint la loi de l'univers. Mais quelle complication dans cette simplicité apparente !

Newton lui-même, après avoir énuméré les forces si multipliées, si variables de direction, si différentes d'intensité, qui devaient résulter des actions mutuelles des planètes et des satellites de notre système solaire, n'osa pas entreprendre de calculer l'ensemble de leurs effets. Il se prit même à douter si la pesanteur universelle ne serait pas à la longue une cause de désordre et de ruine. Au reste, des faits positifs, des perturbations, des inégalités que les progrès de l'analyse infinitésimale ont permis plus tard de soumettre au calcul, semblaient justifier alors cette appréhension. En voici un exemple.

En étudiant les éclipses de soleil observées en Asie par Albatenius, à la fin du IXe siècle de notre ère, Halley s'assura, en 1695, d'une accélération continuelle dans le mouvement en longitude de la lune. Or, dire de la lune que sa vitesse augmentait de siècle en siècle, c'était déclarer qu'elle se rapprochait insensiblement du centre de son mou-

vement. Les hommes étaient donc destinés à voir la lune se précipiter sur la terre.

Cette accélération menaçante dérouta longtemps les calculs des plus savants géomètres. Euler, Lagrange, Bossut laissèrent la question indécise. C'est à Laplace que revient la gloire d'avoir donné la loi de cet étrange phénomène. Elle ne sera pas difficile à concevoir.

Le mouvement de la terre autour du soleil s'exécute sur une trajectoire sensiblement elliptique dont la forme, par l'effet des perturbations, n'est pas toujours la même. Sans cesser jamais d'être elliptique, l'orbite terrestre tantôt se rapproche du cercle et tantôt s'en éloigne, comme un pendule écarté de sa position d'équilibre se rapproche et s'éloigne alternativement de la verticale.

Laplace prouva que la vitesse moyenne de circulation de la lune autour de la terre, était intimement liée à la forme de l'ellipse que la terre elle-même décrit autour du soleil. Une diminution dans l'excentricité de cette ellipse entraîne une accélération de la vitesse de notre satellite ; au contraire, cette vitesse décroît, quand l'excentricité de l'orbite terrestre augmente. Or, depuis les observations les plus anciennes, l'excentricité de l'orbite terrestre a diminué d'année en année ; il s'ensuit que le mouvement de la lune en longitude a dû graduellement s'accélérer. Plus tard il se ralentira dans les mêmes limites et suivant les mêmes lois, quand l'excentricité de l'ellipse terrestre cessera de décroître pour commencer à croître.

L'accélération séculaire du mouvement de la lune se range donc dans la catégorie des perturbations périodiques, dépendantes de la pesanteur universelle qu'elle confirme d'une manière éclatante. Reste à déterminer la valeur numérique de cette accélération.

Deux voies peuvent mener au but ; tout d'abord l'étude comparée des éclipses du soleil. Elle conduisit Dunthorne à attribuer au moyen mouvement de la lune une accélération de 10″par siècle. Mayer adopta le chiffre de 6″7 qu'il porta, dans la dernière édition de ses tables de la lune, à 9″. M. Airy éleva cette valeur à 10″,72 ; plus tard il trouva que la valeur qui rend le mieux compte des éclipses totales de l'antiquité est 12″969.

La cause de l'accélération une fois connue, on put tenter de calculer théoriquement sa valeur numérique. Un grand nombre de géomètres ont traité cette question ; mais aucune des déterminations théoriques effectuées jusqu'à présent, n'atteint les chiffres élevés des résultats empiriques rappelés plus haut.

M. P. Puiseux a repris cette étude (1). Il appliqua à cette recherche la

(1) *Annales sc. de l'École normale super.* – Deuxième série, t. VIII, nos 11 et 12.

méthode employée sans succès par Poisson. Voici en quoi elle consiste, et comment elle diffère de celle dont Laplace et ses disciples firent usage.

Laplace, et après lui Plana et Damoiseau, avaient adopté la longitude vraie comme variable indépendante, soit dans la fonction perturbatrice, soit dans les équations différentielles qui font connaître les éléments de l'orbite lunaire. Mais à chaque approximation nouvelle, ils voyaient les coordonnées du soleil se modifier et exiger l'introduction de termes correctifs.

Poisson, au contraire, guidé par cette considération que les coordonnées du soleil en fonction du temps, sont données par la théorie du mouvement de la terre et restent les mêmes dans tout le cours des opérations, choisit le temps pour variable indépendante.

C'est par cette même méthode que M. P. Puiseux conduit le calcul jusqu'aux termes de l'ordre du cube de la fonction perturbatrice. Dans ses formules définitives on retrouve encore soit les éléments de l'orbite, soit les coefficients du temps dans ces éléments : toutes quantités connues aujourd'hui.

En se bornant à la première puissance de la force perturbatrice, le savant géomètre trouve, pour coefficient du carré du temps dans la longitude moyenne, le nombre 10″,52. Cette accélération diffère peu de celle qui a été donnée par Laplace (10″,58). Une seconde approximation, dans laquelle on tient compte des termes périodiques de la fonction perturbatrice dont l'ordre est égal ou supérieur d'une unité à celui du terme principal, donne 5″,89 pour le coefficient de l'accélération séculaire. C'est, à 0″,2 près, le résultat annoncé d'abord par M. Adams. Enfin, une troisième approximation fournit le chiffre 6″,33413, qui doit être réduit à 6″,32843 si l'on tient compte des termes où entre la quatrième puissance de l'excentricité de l'orbite terrestre. Comme l'accumulation de petites erreurs dans la somme des résultats numériques partiels a pu altérer les deux derniers chiffres, M. P. Puiseux adopte pour résultat définitif 6″,328.

Les satellites de Mars. — Les deux satellites de Mars, Phobos et Deimos, découverts en 1877 par M. Asaph Hall, se meuvent à très peu près dans un même plan qui diffère peu du plan de l'équateur de la planète. Cette coïncidence est-elle temporaire ou doit-elle exister toujours?

Cette question intéressante de mécanique céleste a été traitée en partie par M. Adams, directeur de l'observatoire de Cambridge, devant la Société royale astronomique de Londres. Elle a été reprise à l'Académie des sciences de Paris par M. Tisserand. Voici les conclusions très précises du mémoire du savant français.

Jusqu'ici l'observation ne signale pas, dans la planète Mars, un apla-

tissement sensible. Si cet aplatissement n'existe pas, les perturbations solaires finiront par incliner l'un sur l'autre, d'une quantité considérable, les plans des orbites de Phobos et Deimos supposés en coïncidence à un moment donné. Au contraire, si l'aplatissement existe, soit que l'on suppose la planète homogène, soit qu'on lui applique la loi des densités des couches terrestres, le calcul montre que les orbites des deux satellites coïncideront toujours avec l'équateur de la planète ou, du moins, ne s'en écarteront jamais que de très petites quantités. L'inclinaison de l'orbite de Deimos sur l'équateur de Mars oscillera entre des limites distantes seulement de 3° au plus; celle de l'orbite de Phobos variera moins encore.

Les spectres photographiques des étoiles. — M. W. Huggins présentait à l'Académie des sciences, le 18 décembre 1876, une photographie du spectre de Véga, comparé avec le spectre solaire. Il vient d'y ajouter les photographies des spectres de cinq autres étoiles blanches : Sirius, η de la grande Ourse, α de la Vierge, α de l'Aigle et α du Cygne.

Toutes ces étoiles donnent des spectres appartenant à un même type, caractérisé par douze raies très larges et nébuleuses aux bords. Les distances relatives de ces raies vont en diminuant d'une façon régulière à mesure quelles deviennent plus réfrangibles. En partant des moins réfrangibles, on voit les deux premières coïncider avec les raies de l'hydrogène, et la troisième avec H du spectre solaire. La raie forte K du spectre solaire n'est représentée que par une raie fine, que l'on n'aperçoit même plus dans Sirius et η de la grande Ourse. On sait que ces deux raies, H et K, du spectre solaire, coïncident avec deux raies brillantes du calcium; on les attribue donc à la vapeur de ce corps. Il est à remarquer que deux autres raies du calcium, plus réfrangibles que H et K, n'ont pas de coïncidence avec des raies fortes dans ces six étoiles.

A mesure que les étoiles s'approchent du type solaire, les douze raies typiques se rétrécissent, la nébulosité des bords disparaît; de nouvelles raies fixes se présentent; la raie qui occupait la position de K du spectre solaire devient à son tour large et nébuleuse. Bientôt même, avec le spectre d'Arcturus par exemple, on se trouve de l'autre côté du spectre solaire, dans l'ordre des changements du type de Véga ; c'est-à-dire que la raie K est maintenant devenue plus large que dans le spectre solaire, et toute la partie photographique du spectre est criblée de raies fines et serrées.

Ces photographies ont été prises à l'aide d'un télescope à miroir métallique, combiné avec un spectroscope à un seul prisme de spath d'Is-

lande. Leur longueur ne dépasse pas 13 millimètres, mais leur netteté est parfaite.

M. Huggins a également obtenu des photographies des spectres d'α et de β de Pégase, de Bételgeuse, de la Chèvre, d'α d'Hercule et des planètes Jupiter, Mars et Vénus. Ces trois dernières photographies ne laissent voir aucun changement du spectre solaire par l'atmosphère de la planète.

Les spectres photographiques de petites portions de la surface lunaire, obtenus dans des conditions diverses d'illumination, ne fournissent aucun indice de l'existence d'une atmosphère lunaire.

Taches et protubérances solaires. — Les lecteurs de la Revue connaissent le spectroscope à vision directe de M. Thollon (1). La grande puissance dispersive de cet appareil semble le rendre éminemment propre à l'observation des taches et des protubérances solaires. Car la théorie enseigne et l'expérience confirme qu'avec une dispersion donnée, on ne voit d'une protubérance que les parties dont l'éclat dépasse celui du fond sur lequel elle se dessine ; c'est-à-dire l'éclat du spectre de la lumière diffusée par l'atmosphère. Or, en augmentant la dispersion, on diminue l'éclat du fond sans amoindrir celui de la flamme monochromatique. Pour voir donc, dans le soleil, tout ce que le spectroscope est capable de nous y montrer, il faudrait un instrument dont le pouvoir dispersif pût avoir raison de l'éclat du soleil lui-même. Sans doute, l'appareil de M. Thollon n'atteint pas à cette perfection idéale, mais il en approche suffisamment pour qu'on puisse espérer de son emploi des observations du plus grand intérêt.

Ces prévisions ont été confirmées. Un spectroscope à grande dispersion, installé à l'Observatoire de Paris et manié par M. Thollon lui-même, a donné récemment les meilleurs résultats. De nombreuses observations ont démontré à l'évidence la loi du déplacement des raies spectrales dû au mouvement de la source lumineuse. Les protubérances se sont montrées avec un vif éclat et une excessive netteté de contours. Enfin, plusieurs particularités remarquables ont pu être notées dans l'observation des taches. Citons comme exemple la tache observée par M. Thollon, le 3 janvier, sur le bord oriental du soleil.

Cette tache était caractérisée par un noyau très obscur. Ses dimensions n'avaient rien d'extraordinaire. Un moment avant son passage sur le milieu de la fente du spectroscope, la raie C éprouva une déviation très prononcée du côté du rouge extrême. On fit passer plusieurs fois la tache sur la fente du spectroscope, et le même phénomène se

(1) *Revue des questions scientifiques*, avril 1879, pp. 639 et suiv.

montra toujours, parfaitement accusé, mais avec des apparences un peu différentes qui indiquaient un changement rapide. A peine la tache eut-elle passé sur la fente, qu'une déviation symétrique à la première, mais de sens opposé, se produisit dans la même raie C. Les amplitudes de ces deux déviations furent aussitôt mesurées; elles correspondaient, la première à une vitesse de 60 kilomètres, la seconde à la vitesse énorme de 137 kilomètres.

« Sans conclure d'une manière absolue, dit M. Thollon, à l'existence d'un vaste cyclone dont la tache aurait été le centre, il est aisé de voir... que, s'il avait existé un cyclone dans les proportions voulues et animé des vitesses mentionnées ci-dessus, les apparences auraient été exactement celles qui viennent d'être décrites. »

La température du soleil. — La température du soleil a donné lieu à des recherches nombreuses qui ont abouti à des conclusions très différentes. M. Aimé Witz, professeur à l'Université catholique de Lille, en a fait tout récemment l'histoire et l'analyse ici-même (1).

Pendant que l'Académie dei Lincei couronnait les travaux de M. Rossetti, M. Langley expérimentait dans le Nouveau-Monde sur le même sujet. Les expériences du savant américain méritent d'être rapportées (2).

M. Langley s'est posé la question suivante : L'énergie de la radiation solaire est-elle comparable ou bien infiniment supérieure à celle de la radiation d'un foyer terrestre de très haute température ?

Pour résoudre cette question, il choisit, comme terme de comparaison, la surface incandescente de l'acier en fusion obtenu par la méthode Bessemer. La température de cette source rayonnante est estimée par M. Langley de 1800° à 2000°. Ce qui est certain, c'est qu'elle est supérieure à la température de fusion du platine, puisque, en plongeant dans la fonte, au moment de la coulée, un fragment de platine, ou en présentant à l'orifice du convertisseur placé verticalement un fil de platine, la fusion est immédiate.

On incline le convertisseur pour la coulée, qui dure près d'une minute lorsqu'on opère sur 15 000 livres de métal ; elle se développe sur une surface de plusieurs pieds carrés, dont les radiations sont reçues sur une des faces d'une pile thermo-électrique. Sur l'autre face de la pile on dirige un faisceau de rayons solaires, réfléchi par un miroir. Des enveloppes concentriques protègent la pile contre les courants d'air et les rayonnements étrangers.

(1) *Revue des quest. scient.* Janvier 1880, pp. 229 et suiv.

(2) *Proceedings of the American Academy of arts and science,* 9 octobre 1878. — Voir *Journal de Phys.* d'Almeida, t. IX, p. 59.

Eh bien, quoique le diamètre apparent de l'orifice du convertisseur soit plusieurs fois celui du soleil, la pile accuse une très grande prédominance de l'énergie solaire. Pour ramener à zéro l'aiguille du galvanomètre il faut lancer les rayons solaires à travers une lunette dont l'objectif, convenablement diaphragmé, éparpille les radiations solaires en projetant sur la pile une image amplifiée du soleil. Tous calculs faits, l'énergie solaire a été trouvée égale à quatre-vingt-six fois celle du rayonnement du métal. Les pertes qu'a subies le rayonnement solaire par absorption et par réflexion ne sont pas entrées en ligne de compte; le chiffre trouvé est donc une limite inférieure.

M. Langley ne s'est pas contenté de comparaisons calorifiques; il y a joint des comparaisons photométriques.

A cet effet, il substitue à la pile de l'appareil précédent un photomètre de Bunsen. Deux lunettes d'égale ouverture et de même foyer, et dont les oculaires sont tournés vers l'écran, projettent les images également amplifiées du soleil et de l'orifice du convertisseur. Il s'agit tout d'abord de rendre comparable l'éclat de ces deux images; ce qui oblige de diaphragmer l'objectif de la lunette qui reçoit les rayons solaires. On déplace ensuite l'écran photométrique jusqu'au moment où l'on obtient l'égalité d'éclat. Le rapport des intensités lumineuses se déduit des distances de l'écran aux deux oculaires et des ouvertures des deux objectifs. M. Langley a trouvé que la radiation solaire vaut 5300 fois celle du métal. Ce chiffre est aussi une limite inférieure, puisque l'on n'a pas tenu compte des pertes par absorption subies par la lumière solaire avant d'arriver à l'écran.

De toutes ces expériences M. Langley conclut que, la chaleur solaire étant plus de cent fois, et la lumière solaire plus de cinq mille trois cents fois celles que rayonne le métal porté à une température supérieure à celle du platine en fusion, la température du soleil est de beaucoup supérieure à cette dernière, et, par conséquent, supérieure aux valeurs qui lui ont été récemment attribuées.

La méridienne de France. — A la fin du siècle dernier, lorsque l'Assemblée nationale voulut imposer à toute la France un système uniforme de poids et mesures, elle décida que l'unité de longueur, base du nouveau système, serait prise dans un rapport simple avec les dimensions de la terre. Il fallut donc procéder à une mesure aussi exacte que possible de ces dimensions pour en déduire ensuite la grandeur de la nouvelle unité de longueur. Delambre et Méchain mesurèrent à cet effet, sur le méridien qui passe par l'Observatoire de Paris, l'arc compris entre Dunkerque et Barcelone. Plus tard, Biot et Arago prolongèrent cette méridienne vers le sud, de Barcelone à la petite île de Formentera;

et les Anglais la prolongèrent à leur tour vers le nord, jusqu'aux îles Shetland, par 61° de latitude.

C'est cette même méridienne que M. le commandant J. Perrier, de concert avec M. le général Ibañez, vient de pousser dans l'intérieur de l'Afrique jusqu'aux limites du Sahara, par 33° de latitude, en reliant, par dessus la Méditerranée, les réseaux de triangles qui couvrent d'un bout à l'autre les Iles Britanniques, la France, l'Espagne et l'Algérie.

La science possède donc aujourd'hui un arc méridien de 28°, le tiers environ de la distance de l'équateur au pôle, le plus grand qui ait jamais été mesuré.

Cette magnifique conquête, dont la France et l'Espagne se partagent la gloire, est le fruit de bien des efforts de science, de dévouement et de patience ; elle s'est accomplie en dépit de difficultés, de retards et de mécomptes dont le récit rappelle les trois mois d'anxiété profonde pendant lesquels Arago et Biot employèrent en vain leurs réverbères d'Iviça.

Dès 1868, M. le commandant J. Perrier avait opéré en Algérie une reconnaissance détaillée des points d'où l'on apercevait quelques cimes des côtes espagnoles. Il s'était persuadé qu'en choisissant bien les stations en Espagne et en Algérie, les trajectoires lumineuses des signaux solaires, lancés à plus de trois cents mètres au-dessus du niveau de la mer, franchiraient sans encombre les soixante-dix lieues qui séparent les rivages opposés de la Méditerranée. Il n'en fut rien cependant; les signaux solaires ont complètement échoué. Pas un seul n'a été vu en Espagne ni en Algérie.

La prudence servit bien nos observateurs. Ils s'étaient munis d'appareils électro-magnétiques, actionnés par des machines à vapeur, afin de produire au besoin des signaux de lumière électrique de grande intensité. Il fallut ouvrir des routes sur des montagnes désertes, et hisser pièce par pièce les piliers en pierre de taille, les machines à vapeur, les machines Gramme, les projecteurs, les instruments de mesure et les maisons en bois qui devraient les abriter. Il fallut organiser des relais d'approvisionnement pour l'eau et le charbon, installer des tentes, des écuries et des magasins sur des cimes de 1100 mètres, 2000 mètres et 3550 mètres.

Le 20 août, tout le monde était à son poste ; en Espagne, le colonel Barraquer avec les capitaines Borres et Cebrian à Mulhacen, et le major Lopez avec le capitaine Pinal à Tetica; en Algérie, le capitaine d'état-major Bassot avec le capitaine de génie Sever à Filhaoussen, et le commandant Perrier avec les capitaines Defforges et Derrien à M'Sabiha. Pendant 20 jours, les vapeurs qui montaient de la Méditerranée voilèrent les signaux solaires; la nuit, les signaux électriques ne paraissaient pas davantage. Enfin, le 9 septembre, on apercevait de M'Sabiha les feux électriques de Tetica; le lendemain, ceux de Mulhacen se

montraient à leur tour. Les observateurs espagnols voyaient en même temps les signaux d'Algérie ; et le premier octobre la jonction géodésique des deux continents était réalisée.

C'est le cercle azimutal de Brunner qui a mesuré tous les angles des quatre stations ; c'est le projecteur du colonel Mangin qui a lancé la lumière électrique dans les douze directions observées; c'est la machine électro-magnétique de Gramme qui a produit les courants transformés en lumière dans l'appareil régulateur de M. Serrin.

Détermination de la longitude d'Alger. — Le prolongement de la méridienne de France jusqu'au Sahara n'est qu'une partie du beau travail exécuté en Afrique par M. le commandant Perrier. Le grand polygone de longitudes comprenant Alger, Marseille, Paris et Madrid a été fermé, il a passé la Méditerranée comme les triangles géodésiques ; la longitude d'Alger est déterminée.

On sait que la longitude d'un lieu n'est autre chose que l'angle compris entre le méridien de ce lieu et le méridien qui sert d'origine aux longitudes. Pour la déterminer, on se fonde sur l'uniformité du mouvement de la sphère céleste. Dans ce mouvement apparent, les cercles de déclinaison qu'on imagine sur sa surface, passent successivement dans le plan de chacun des méridiens terrestres. Pour trouver l'angle compris entre deux de ces méridiens, il suffit donc de connaître en heures, minutes et secondes sidérales, le temps compris entre le passage d'une même étoile dans ces deux méridiens; ou, ce qui revient au même, l'heure sidérale, à un instant donné, sur chacun des deux méridiens. Une heure de différence correspondra à un angle de 15°, chaque minute de temps à un angle de 15 minutes et chaque seconde de temps à un angle de 15 secondes.

On le voit, le principe de la mesure des longitudes est des plus simples; et il semble tout aussi facile de déterminer la longitude d'un lieu que de mesurer l'ascension droite d'une étoile. Toutefois, en pratique, ces deux opérations diffèrent essentiellement.

Pour mesurer une ascension droite, un observateur suffit; et il se sert d'une seule horloge sidérale pour déterminer le temps dont il a besoin. Au contraire, pour mesurer une longitude, il faut observer les passages d'une même étoile en deux lieux différents ; deux observateurs sont donc nécessaires et ils se servent naturellement d'horloges différentes. Or, la comparaison des indications simultanées de ces deux horloges, en raison des distances considérables qui séparent souvent les deux stations où elles sont installées, présente de sérieuses difficultés.

Pour transmettre l'heure à distance on se sert de signaux de feu et, mieux encore, du télégraphe.

Il n'existe pas de câble sous-marin entre l'Espagne et l'Algérie ; M. le commandant Perrier utilisa donc les signaux lumineux organisés pour les mesures géodésiques. Chaque soir, du 5 octobre au 16 novembre, Tetica et M'Sabiha, convertis en véritables observatoires et munis d'instruments identiques, échangeaient six cent quarante signaux lumineux rythmés, répartis en seize séries, et émanant successivement de l'une et de l'autre station. Ces signaux étaient enregistrés automatiquement à la station de départ, en même temps que les secondes de la pendule ; et, simultanément, à la station d'observation En même temps, M'Sabiha et Alger communiquaient par télégraphe. A chaque station l'heure était déterminée par des observations d'étoiles.

C'est la première fois que l'on emploie, pour transmettre l'heure à une distance de près de 70 lieues, les feux électriques rythmés. Le succès est complet; M. Perrier n'hésite pas à affirmer que la puissance de ce moyen de communication s'étendrait aisément à plus de 500 kilomètres. L'expérience a montré en outre qu'il est préférable d'observer les éclipses de lumière et non pas les apparitions. M. Perrier attribue ce fait à la surprise que cause toujours l'apparition d'un signal. Enfin le rythme le plus recommandable consiste à espacer les éclipses de deux en deux secondes, de manière à ce que les durées des éclipses et des apparitions soient les mêmes et égales chacune à une seconde de temps.

Annuaire du bureau des longitudes pour 1880.— Ce n'est pas un compte rendu détaillé et complet de l'*Annuaire* que nous voulons présenter aux lecteurs de la *Revue*, mais une indication sommaire des documents astronomiques qu'il contient.

On y trouvera, comme toujours, les éléments astronomiques les plus usuels, tirés de la *Connaissance des temps* pour 1880, et les données numériques qui s'y rattachent ; l'heure des levers, des couchers et des passages au méridien de la lune et des planètes; les aspects des planètes; l'indication des éclipses de soleil, de lune et des satellites de Jupiter ; les occultations des planètes et des étoiles, jusqu'à la 5e grandeur, visibles à Paris; les positions moyennes de 26 étoiles pour le premier janvier 1880, etc.

M. Lœwy, qui est spécialement chargé de diriger les publications du Bureau des longitudes, a joint à ces renseignements ordinaires une table de concordance des principaux calendriers; les éphémérides des principales étoiles variables; le tableau des plus grandes marées de l'année 1880; la liste des 210 petites planètes, découvertes entre Mars et Jupiter, avec la date de la première observation, le nom de l'observateur et les élé-

ments de 205 d'entre elles; enfin l'indication des époques et des positions en ascension droite et en déclinaison du centre d'émanation des principaux essaims d'étoiles filantes. Un tableau des éléments des comètes périodiques dont le retour a été observé, et une table des principaux éléments du système solaire, extraits des *Annales de l'Observatoire de Paris* par MM. Laugier et Lœwy, complètent la partie astronomique de l'*Annuaire*.

Les notices scientifiques occupent à peine cinquante pages. Elles sont au nombre de trois; la première, due à M. Faye, a trait à la météorologie; elle porte pour titre «Deux ascensions au Puy-de-Dôme à dix ans d'intervalle;» les deux autres ne sont que la reproduction de deux mémoires lus à l'Académie des sciences par M. le commandant Perrier (1) sur la *jonction géodésique et la jonction astronomique de l'Algérie avec l'Espagne*. Nous en avons parlé plus haut.

Les discours prononcés à l'inauguration de la statue de François Arago à Perpignan par MM. Janssens, Mouchez, d'Abbadie et Bréguet terminent le volume.

Ciel et Terre. — Sous ce titre, plusieurs astronomes et météorologistes de l'Observatoire royal de Bruxelles, viennent d'inaugurer la publication d'une « Revue populaire d'astronomie et de météorologie, paraissant le 1er et le 15 de chaque mois. » Voici le sommaire du premier numéro. J.-G. Houzeau, La conquête de l'heure. — A. Lancaster, Les grands froids de décembre 1879. — C. Fievez, L'Analyse spectrale. — L. Niesten Le ciel pendant le mois de mars. — J. Vincent, Revue météorologique de la quinzaine. — Notes. — A. Lancaster, Bibliographie. — Le but de *Ciel et Terre* est de « vulgariser ce que la science connaît sur la structure et le mouvement de l'univers, et de tenir le lecteur au courant des nouvelles conquêtes qui se font chaque jour dans ce beau champ de recherches. » Nous ne pouvons qu'applaudir à ce double but.

J. Thirion. S. J.

THÉRAPEUTIQUE.

Un nouveau remède contre la phtisie pulmonaire. — La phtisie ou tuberculose pulmonaire, cette cruelle maladie qui fait de si grands ravages parmi nous et qui enlève chaque année un si grand nombre de

(1) *Comptes rendus*, t. LXXXIX, pp.885 et 944.

jeunes victimes, n'a pas encore son remède spécifique. Tous les jours nous voyons surgir de nouvelles médications, qui ont une renommée passagère et qui tombent bientôt dans l'oubli. Il semble que la médecine devrait finalement se laisser aller au découragement et cependant il n'en est rien.

Voici encore un traitement qui vient de mettre en émoi le corps médical en Allemagne, grâce à la célébrité et au mérite de son inventeur. Il y a sept mois environ que, dans une note préliminaire, le Dr Kroczak annonçait que son maître, le professeur Rokitansky, d'Inspruck, obtenait des effets merveilleux des inhalations de benzoate de soude dans le traitement de la phtisie pulmonaire (1). Il exposait l'histoire de trois malades qui, arrivés à la dernière période de la maladie, avaient été soumis à la nouvelle médication. Les résultats étaient tels qu'au bout de deux mois on pouvait considérer ces trois phtisiques comme guéris.

Les critiques et les doutes que ce premier article, un peu écourté, soulevèrent dans le monde médical décidèrent M. Rokitansky à prendre la plume et à exposer sa méthode de traitement, l'interprétation des résultats obtenus et les avantages qu'il croyait pouvoir lui attribuer.

La question est assez grave et l'histoire de cette discussion assez instructive pour que nous nous y arrêtions quelques instants.

La première idée de la nouvelle médication revient à Klebs, de Prague, et à Schüller, de Greifswald. Ces deux savants émirent l'opinion que la tuberculose est de nature infectieuse, c'est à-dire qu'elle est due à l'introduction dans le corps d'animalcules morbigènes (phtisiogènes) et que, par conséquent, cette maladie réclamait un traitement antiseptique. Voici l'expérience qui a servi de base à Klebs pour l'édification de sa théorie. Il prend une parcelle aussi minime que possible de matière tuberculeuse et la dépose dans un flacon renfermant une solution albumineuse; au bout de peu de temps le liquide se trouble par suite du développement d'une grande quantité de petits animalcules doués de mouvements très vifs, tandis qu'un autre flacon d'eau albumineuse, sans addition de matière tuberculeuse, reste transparent. On prend une petite quantité du liquide troublé, on la dépose dans un second flacon, on obtient le même résultat; on répète cette opération trois, quatre fois ; on est certain qu'à la fin il n'existe plus dans le dernier flacon de parcelles de matière tuberculeuse ; il n'y a plus que des organismes provenant de ces générations successives et de cette culture fractionnée. Si alors on injecte une certaine quantité de ce liquide renfermant exclusivement ces corpuscules animés à un animal sain, on produit chez celui-ci une véritable tuberculose miliaire. D'autre part Klebs assure avoir constaté la pré-

(1) *Wiener medizinische Presse,* 14 septembre 1879.

sence de cette même espèce d'organismes dans les tubercules de l'homme et des animaux devenus phtisiques.

C'est Schüller qui fit les premières expériences avec une solution de benzoate de soude sur des lapins tuberculisés ; les résultats, dit-il, furent des plus remarquables.

En effet, des lapins auxquels on avait pratiqué l'injection imaginée par Klebs furent soumis en même temps aux inhalations de benzoate de soude et leur santé resta normale, tandis que d'autres ayant subi la même opération, mais abandonnés à eux-mêmes, se tuberculisèrent rapidement et succombèrent au bout d'un temps plus ou moins long.

Après ces expériences, le professeur Rokitansky se crut autorisé à tenter l'essai de cette thérapeutique sur des malades, et il commença ses recherches dans sa clinique au commencement de juin 1878. A l'aide d'un appareil pulvérisateur, il dirige vers le fond de la gorge des patients un jet d'une solution de benzoate de soude convenablement pulvérisée. Il a soin de prendre toutes les précautions nécessaires pour que, grâce à des mouvements d'inspiration très profonds, le médicament pénètre aussi profondément que possible dans les voies aériennes, c'est-à-dire jusque dans les petites bronches et même les vésicules pulmonaires. Les premières inhalations ont pour effet de provoquer des accès de toux, qui expulsent au dehors les matières sécrétées par les parois des cavités tuberculeuses. Ce premier résultat obtenu, on reprend les inhalations pour que le médicament agisse directement sur la muqueuse aérienne et spécialement sur les parois des cavernes pulmonaires ; c'est à ce moment que le benzoate de soude produit son effet antiseptique. Pour prolonger cette action, le malade doit rester pendant une heure ou deux dans la place où les inhalations se sont pratiquées, afin qu'il puisse encore respirer l'air saturé de poussières médicamenteuses.

N'oublions pas d'ajouter qu'en même temps, le professeur d'Inspruck donne une nourriture tonique et abondante, dans laquelle doit entrer une grande quantité de lait (additionnée d'eau de chaux) et d'aliments gras, tels que du beurre, du lard, de l'huile de morue ou de la glycérine. En outre le malade doit se promener le plus possible à l'air libre : enfin il faut souvent compléter le traitement par la faradisation des muscles respiratoires.

Voici, d'après l'auteur, le mode d'action de ce traitement : 1° Ces inhalations empêchent la caséification des produits sécrétés; elles tendent à les liquéfier et à en favoriser l'expulsion; jointes aux mouvements forcés d'inspiration, elles produisent une dilatation des vésicules pulmonaires ; elles combattent aussi le travail inflammatoire qui se déclare autour des masses tuberculeuses déposées dans le tissu pulmonaire. 2° Ces inhalations agissent par leur action antiseptique ; elles tuent les

organismes inférieurs, auxquels Klebs et Schüller attribuent une grande importance dans la genèse et l'existence de la tuberculose. Cette action antiseptique neutralise aussi les effets fâcheux de la déglutition des crachats par le malade ; elle empêche ainsi cette espèce d'auto-infection qui joue un si grand rôle dans le cours de la maladie (1).

Le travail de Rokitansky fut immédiatement l'objet d'une critique sérieuse venant d'un homme compétent en cette matière, le professeur Schnitzler, de Vienne. Cet éminent clinicien fit remarquer avec raison que la première question à se poser était celle-ci : les liquides pulvérisés et inhalés pénètrent-ils dans les derniers rameaux de l'arbre aérien et spécialement dans les alvéoles pulmonaires ? Schnitzler rappelle que déjà en 1856, Sales-Girons avait préconisé les inhalations médicamenteuses, particulièrement d'eaux sulfureuses, dans la phtisie, et que ce traitement avait fait sensation en France, mais qu'une commission nommée à Paris avait reconnu l'inutilité de cette pratique.

L'auteur lui-même, sur l'instigation de son maître Oppolzer, se livra à des recherches, qu'il publia en 1862 et qui donnèrent les résultats suivants : les liquides pulvérisés se précipitent en grande partie sur les parois de la bouche et du pharynx ; une petite partie pénètre dans le larynx et même au delà des cordes vocales jusque dans la trachée-artère ; exceptionnellement il en passe jusque dans les grosses bronches; jamais dans les petites bronches de 2e ou de 3e ordre, à plus forte raison pas dans les vésicules pulmonaires. Il en concluait que ce traitement pouvait être utile dans les maladies du pharynx, du larynx et de la trachée, mais que son action dans les affections bronchiques et pulmonaires était fort problématique.

Les nombreux essais que Schnitzler a faits depuis cette époque en s'occupant spécialement des maladies des organes respiratoires n'ont pu modifier sa manière de voir. Il ne prétend pas toutefois que, dans certains cas, avec un excellent appareil de pulvérisation et à l'aide d'inspirations énergiques et profondes, les liquides médicamenteux ne puissent pénétrer très profondément. Malheureusement chez les phtisiques, dont les muscles respiratoires sont affaiblis et la muqueuse laryngée souvent gonflée, les conditions sont fort défavorables. Le professeur de Vienne préférerait dans ce cas les inhalations de *vapeurs* médicamenteuses à celles de liquides pulvérisés.

Quant à l'idée du traitement antiseptique de la tuberculose, Schnitzler l'admet, et c'est dans ce but qu'il a proposé en 1876 les injections hypodermiques d'acide phénique, dont il prétend retirer encore de bons effets.

(1) *Wiener medizinische Presse*, 19 octobre 1879.

Dans sa séance du 27 octobre 1879, la Société de médecine et des sciences naturelles d'Inspruck, dont fait partie l'inventeur du nouveau traitement, ouvrit un débat sur cette question. Après avoir exposé ses idées théoriques et pratiques, le professeur Rokitansky présenta quelques-uns de ses malades. Ils furent minutieusement examinés. Les membres furent unanimes à déclarer que leur état de santé laissait peu à désirer et qu'aucun d'eux n'avait l'aspect d'un phtisique. Tous avaient été, d'après les dires de Rokitansky, atteints à un degré très avancé. Parmi eux se trouvait, entre autres, un des malades dont le cas avait été rapporté par le Dr Kroczak, et dont la santé s'était maintenue depuis plus d'un mois. Cependant, comme aucun des membres n'avait vu ces malades avant le début du traitement, il était impossible d'établir une comparaison, et la Société nomma une commission chargée de faire de nouvelles recherches (1).

La professeur Albert, d'Inspruck, ne put s'empêcher de faire remarquer que, somme toute, les moyens secondaires mis en œuvre par Rokitansky, tels que l'usage des corps gras, l'électrisation des muscles respiratoires, la nourriture substantielle, les promenades à l'air libre, pouvaient avoir une grande part dans les résultats obtenus.

Mais le professeur Rokitansky persiste à considérer les inhalations comme le principal facteur de la guérison. Il s'occupe en ce moment de recherches de contrôle qui, d'après lui, établiront nettement le bien-fondé de son opinion (2).

Rapprochons de ces travaux la communication faite par le docteur Curschmann à la Société médicale de Berlin (séance du 5 mai 1879) sur le traitement local des affections putrides des bronches et des poumons. Depuis plusieurs années ce médecin s'est efforcé de trouver une méthode qui permît d'introduire, sans inconvénients ni désagréments, des substances médicamenteuses dans l'appareil respiratoire ; il vise principalement à ce que ces inhalations soient assez concentrées et se fassent d'une manière assez continue pour qu'on puisse raisonnablement en espérer de bons effets. Son appareil consiste en un masque, assez analogue à ceux des appareils de Waldenbourg, au milieu duquel se trouve une espèce de boîte, renfermant une éponge et dont les deux parois, antérieure et postérieure, sont formées d'une toile métallique. Les bords du masque sont munis de gomme molle et élastique, pour

(1) Depuis que ces lignes ont été écrites, le rapport de cette commission a paru. Tout en ménageant le membre de la Société, il n'est guère favorable au nouveau traitement. Le professeur Rokitanski lui-même avoue que les résultats avaient été quelque peu exagérés par son assistant, le Dr Kroczak.

(2) *Wiener medizinische Presse*, 9 novembre 1879.

pouvoir s'appliquer exactement et se mouler sur le visage du malade ; de telle sorte que celui-ci en respirant inhale l'air qui a passé par la boîte renfermant l'éponge. Or cette éponge est imprégnée soit d'huile de térébenthine, soit d'acide phénique, ou plus rarement de thymol et de créosote. On répète ces inhalations plusieurs fois par jour, chaque fois pendant une heure ou deux ; dans les cas graves on peut laisser le masque pendant toute une journée. L'huile de térébenthine s'emploie pure ; l'acide phénique et le thymol ordinairement en solution alcoolique ; la créosote est aussi inhalée à l'état de pureté ; cette dernière est surtout indiquée dans le cas d'hémoptysie.

Dans la bronchite putride, la bronchectasie et autres affections du même genre, ces inhalations sont d'une grande efficacité. Au bout de peu de jours, la fétidité des sécrétions a disparu ; et souvent la marche de la maladie se modifie complètement. Enfin l'auteur n'est pas loin d'espérer que ce traitement puisse agir favorablement sur la phtisie pulmonaire. Il cite à l'appui de son opinion une observation assez remarquable.

La communication du docteur Curschmann fut suivie d'une discussion dans laquelle plusieurs membres rapportèrent des faits de guérisons attribuées aux inhalations médicamenteuses. Différents appareils furent vantés tour à tour. Enfin le docteur Israël cita un cas, dans lequel il a suivi la méthode préconisée par Koch et Mosler, à savoir d'injecter directement au travers des parois de la poitrine des liquides médicamenteux dans les cavernes pulmonaires. Mais, ainsi que le remarque justement Curschmann, cette opération, à cause de sa gravité, ne pourra jamais s'appliquer qu'à des cas exceptionnels.

Depuis la publication du travail du professeur Rokitansky, de nouveaux essais furent tentés par d'autres praticiens. Je veux encore signaler ici deux communications faites sur ce sujet par deux médecins de Berlin. Le Dr Gutmann, clinicien distingué et connu, a institué le nouveau traitement sur 31 phtisiques, dont l'âge variait entre 17 et 56 ans. Les résultats qu'il obtint ne concordèrent pas du tout avec ceux annoncés par le médecin d'Inspruck. La médication fut continuée chez la plupart des malades pendant 3 semaines, temps suffisant pour apprécier au moins l'influence heureuse ou nulle du traitement. Or, de ces 31 malades, 9 sont morts, 2 ont quitté l'hôpital, les autres étaient encore en traitement.

Voici en quelques mots les observations du Dr Gutmann. La fièvre, ce symptôme si grave et si rebelle de la tuberculose pulmonaire, ne subit aucune diminution ; la température ne baissa guère et les exacerbations du soir furent aussi prononcées.

Le poids du corps ne s'éleva pas sous l'influence des inhalations médicamenteuses. Il baissait ou restait stationnaire suivant que la fièvre aug-

mentait ou diminuait. Les phénomènes locaux du côté de la poitrine ne s'amendèrent nullement. Les transpirations nocturnes persistèrent pendant toute la durée du traitement.

D'autre part un certain nombre de malades se plaignirent de nausées, quelques-uns même eurent des vomissements. Enfin deux d'entre eux furent atteints d'hémorragie pulmonaire, alors que cet accident ne s'était plus présenté chez eux depuis plusieurs années (1).

Le Dr Wenzel publie également le résultat des recherches qui ont été faites sur ce sujet dans le service hospitalier du professeur Waldenbourg, de Berlin. Ces essais ne sont pas plus encourageants que ceux que nous venons d'analyser. Le traitement fut institué chez 23 phtisiques ; mais l'auteur en défalque 13, dont la valeur pourrait être contestée, parce que plusieurs étaient en même temps atteints d'autres affections et que chez quelques-uns le traitement ne put être continué assez longtemps.

Des dix cas restants, cinq étaient arrivés à une période très avancée de la maladie, les cinq derniers n'étaient qu'au début du mal. Or dans aucun de ces cas on ne put constater l'efficacité des inhalations médicamenteuses. Loin d'obtenir une guérison, on n'a pas même observé d'amélioration passagère dans les symptômes morbides. Les cinq malades arrivés à une période avancée ont succombé. Les autres sont restés au même point.

Le Dr Wenzel n'a pas observé d'inconvénients sérieux dans l'application de ce traitement. Quelques nausées, des vomissements, des accès de toux, un peu de céphalalgie, telles furent les seules suites désagréables qu'on remarqua (2).

Disons enfin que ces deux médecins de Berlin ont eu soin de suivre avec la plus scrupuleuse exactitude les règles que le professeur Rokitansky considère comme indispensables pour l'expérimentation de son traitement.

Nous pouvons tirer quelques enseignements de l'histoire de cette nouvelle médication. D'abord quant à la valeur curative de ces inhalations, il est encore prématuré de se prononcer. Nous ne sommes pas autorisés à contester d'une manière absolue les faits exposés par le professeur d'Inspruck. Les expériences de Schüller paraissent si probantes, d'autres exemples de guérison semblent si bien établis qu'il faut attendre de nouveaux essais avant de se décider. Peut-être ceux qui ont échoué ne se sont-ils pas mis dans toutes les conditions recommandées par l'inventeur du procédé.

(1) *Berliner klinische Wochenschrift*, 8 décembre 1879.
(2) Ibid.

A priori cependant, nous devons dire que des doutes sont encore permis. Tous les praticiens savent que la tuberculose pulmonaire ne se présente pas invariablement sous la même forme. La marche de la maladie, les principaux symptômes qui la caractérisent, son étiologie peuvent varier à l'infini. Même au point de vue anatomo-pathologique on n'est pas encore d'accord sur la question de savoir si le tubercule est une lésion ou une dégénérescence toujours identique à elle-même. Il semble à première vue que la phtisie pulmonaire, cette période terminale du mal, peut être la conséquence de plusieurs affections d'une nature assez différente. Il serait assez étonnant, tout au moins inattendu, qu'un seul et même traitement puisse avoir raison d'états morbides dont la genèse et la marche peuvent varier.

Quoi qu'il en soit, nous devons réagir contre cette tendance de bon nombre de praticiens à prôner avec trop d'engouement et de précipitation des médications qui n'ont pas encore fait leurs preuves. Certes nous ne pouvons blâmer M. Rokitansky de s'être hâté de faire connaître un traitement dont il avait retiré des effets aussi merveilleux. Mais ce que nous lui reprocherons, c'est de ne pas avoir suffisamment détaillé les faits qu il a observés. Il aurait dû en donner une description minutieuse, en mentionnant les particularités qui caractérisaient les états morbides auxquels il a eu affaire. Ne s'agissait-il peut-être pas de ces phtisies torpides, à marche lente, à exacerbations et rémissions plus ou moins longues, comme on en rencontre souvent ? Quel est le praticien qui n'a pas rencontré de ces tuberculoses, dont le pronostic paraissait fatal au début et qui se prolongeaient d'une manière étonnante, malgré peut-être les mauvaises conditions hygiéniques qui entouraient le malade ? Je pourrais citer un tuberculeux de mes clients qui a mené la vie à grandes guides, dont le début de l'affection remonte à une vingtaine d'années, qui est sujet à des hémoptysies fréquentes et abondantes, et qui vit toujours, malgré ses voyages continuels, ses excès de boisson, ses chasses, etc... Tout son traitement se borne à calmer ses accès de toux par un solution de morphine qui ne le quitte jamais.

En thérapeutique, il faut se défier des nouveautés trop bruyantes. Et on est tenté de répéter ce que disait un jour le docteur Récamier à une de ses clientes le consultant au sujet d'un nouveau médicament fort en vogue : « Dépêchez-vous de le prendre, lui disait-il, tant qu'il agit encore et qu'il n'est pas démodé. »

Le traitement de la fièvre typhoïde. — La fièvre typhoïde est une maladie endémique dans la plupart des pays de l'Europe Sévissant spécialement dans les grands centres de population, elle n'épargne pas cependant nos villages et nos hameaux. Tantôt elle ne fait que des victimes

isolées, tantôt elle prend le caractère d'une véritable épidémie et peut alors décimer des populations entières. Elle n'offre pas toujours les mêmes dangers : elle conserve parfois une grande bénignité pendant longtemps; puis, tout à coup, sans cause bien appréciable, elle exerce des ravages cruels, surtout dans les localités où la population est fort dense. D'une manière générale, on peut dire cependant que la fièvre typhoïde a perdu beaucoup de son ancienne gravité. Cela tient d'abord aux progrès de l'hygiène privée et publique; mais aussi, nous pouvons nous en glorifier, à ce que le traitement en est mieux compris et plus rationnel.

Le Dr William Jenner a exposé récemment devant une société médicale de Birmingham ses idées au point de vue du traitement de la fièvre typhoïde. On peut dire que sa communication est un résumé exact et fidèle de nos connaissances sur ce point. Elle mérite donc d'être analysée.

Le docteur Jenner démontre d'abord la grande importance de l'expérience pour le traitement de la fièvre typhoïde. On peut donner quelques règles générales, mais elles devront souvent être modifiées dans la pratique; c'est affaire de tact médical.

L'auteur nie d'abord la possibilité de juguler la fièvre typhoïde. Il ne craint pas de se mettre, sous ce rapport, en contradiction avec bon nombre de cliniciens, même distingués, tels que Niemeyer. Chaque fois, dit-il et nous partageons son opinion, que nous voyons un cas de fièvre, considéré comme affection typhoïde, avorter au bout de quelques jours sous l'influence d'une médication quelconque, nous pouvons être assurés qu'il y a eu erreur de diagnostic.

Le premier soin du médecin, en présence d'un cas de fièvre typhoïde bien avéré, est de conseiller au patient le repos au lit. M. Jenner s'élève ensuite contre l'abus qui se fait en Angleterre du lait et de l'alcool dans le traitement de cette maladie. Il rejette également l'emploi de l'opium, dont on abuse généralement quand on veut arrêter les évacuations alvines trop abondantes qui se présentent souvent dans le cours de l'affection. Le seul médicament dans lequel il ait confiance dans ce cas est le magistère de bismuth. S'il y a indication de donner un calmant ou un soporifique, il recommande le bromure de potassium ou le chloral.

La seule circonstance qui puisse demander l'administration des opiacés est la perforation intestinale. Il est alors utile de recourir à ces narcotiques pour paralyser les intestins et prévenir le développement d'une péritonite.

Les deux complications les plus dangereuses de la fièvre typhoïde, après la perforation intestinale, sont les hémorragies et l'hyperpyrexie. Le meilleur remède contre le premier de ces accidents est le repos absolu du malade ; il semble qu'on retire parfois de bons effets de l'administration de l'ergotine, surtout donnée par la méthode hypodermique.

Dans le cas d'hyperpyrexie, voici les différents moyens auxquels M. Jenner a recours, successivement ou d'emblée suivant la gravité de la complication : d'abord l'alcool, ensuite le sulfate de quinine, puis l'emploi du drap mouillé, enfin les bains froids, glacés.

Enfin le Dr Jenner recommande encore l'administration de l'alcool pour combattre l'affaiblissement de l'action du cœur, lorsque ce danger est à craindre par suite de la prolongation de la maladie. Comme je le disais tantôt, il blâme l'abus qui se fait de l'alcool en Angleterre dans toutes les maladies fébriles en général.

Disons même à ce propos que quelques-uns attribuent un peu les progrès de l'ivrognerie et de l'abus des boissons alcooliques en Angleterre à l'usage inconsidéré de ce liquide dans la pratique médicale. Aussi une réaction s'opère-t-elle sous ce rapport, et j'ai lu dans je ne sais quelle feuille périodique qu'il se forme en Angleterre des associations de médecins s'engageant à ne plus ordonner d'alcool à leurs malades.

Dr Moeller.

GÉNIE CIVIL.

La statistique graphique. — Les données sur l'agriculture, le commerce, l'industrie, les travaux publics, etc. manquent si bien en Belgique ou du moins y sont tellement enfoncées dans les cartons administratifs que d'intéressantes questions doivent s'y débattre, ou sans l'appui absolument nécessaire des faits, ou à l'aide des faits recueillis dans les statistiques des pays voisins. Citons quelques exemples, comme preuves de ce que nous venons de dire.

Il y a quelques années, d'honorables membres de la Chambre des Représentants soutenaient que l'État réaliserait des économies en chargeant ses propres ingénieurs de l'amélioration et de l'entretien de la voirie vicinale, dont la surveillance est actuellement confiée aux communes et aux agents voyers de la province. Une semblable affirmation ne se pouvait démontrer qu'en recherchant le coût de l'entretien kilométrique des routes royales ou provinciales et en le comparant aux subsides accordés par l'État à la voirie vicinale. Le croirait-on? Il ne fut guère possible alors de trouver dans une seule publication belge, le coût d'entretien de nos grandes routes. Il fallut chercher des exemples en France, lesquels ne pouvaient s'appliquer, d'une façon précise, à la question.

Autre exemple. Faut-il maintenir les grandes routes, dont la plupart sont parallèles aux chemins de fer, avec les dimensions de profils et de pavages qui leur ont été attribuées avant l'immortelle invention des Newcomen, des Watt, des Stephenson?

N'est-il pas préférable de reporter une bonne partie des dépenses, assez considérables, employées à ce système de routes dites de 1re et de 2me classes, sur le système des voies plus modestes que les communes ont créées pour se relier aux grandes routes, voies devenues depuis de véritables et gros affluents pour les chemins de fer qui les coupent à peu près perpendiculairement?

L'étude de cette double et délicate question ne se pouvait faire, en Belgique, il y a un an à peine, faute de documents connus.

Dernier exemple. Un ingénieur belge distingué, M. Finet, prend l'initiative d'appeler l'attention et les capitaux des hommes d'affaires vers un outil délaissé depuis l'établisement des chemins de fer, vers le canal. L'outil existe, mais la main de l'ouvrier semble à M. Finet malhabile ; dans l'opinion de cet ingénieur, l'exploitation des canaux se trouve encore dans l'enfance. Ne se bornant pas à la critique, M. Finet propose d'adopter un nouveau mode de traction des bateaux, assez semblable à celui des wagons de chemins de fer (1). Nous n'avons pas à apprécier ici les idées de M. Finet. Elles ont été défendues et contredites ; pour ne citer qu'un nom dans chaque camp, mentionnons, dans le premier, M. Beernaert, ancien ministre des travaux publics, considéré par tous comme un administrateur hors ligne, et, dans le second, M. Sainctelette, son successeur, à qui revient l'honneur d'avoir donné un premier essor à la statistique de notre département des travaux publics.

Veut-on se décider entre ces deux camps, on devra prendre connaissance de l'ouvrage écrit avec un véritable talent par M. Finet, et l'on sera bien étonné en s'apercevant qu'une partie des raisonnements de l'honorable ingénieur s'appuient sur des données empruntées à la France, faute de renseignements publiés dans notre pays.

La nécessité d'une statistique organisée scientifiquement en Belgique et notamment au département des travaux publics, ne peut donc faire aucun doute pour personne. Il y a quelques jours à peine, l'*Union syndicale*, composée d'industriels, de commerçants et d'ingénieurs, signalait au gouvernement l'urgence de tableaux statistiques.

La statistique graphique offre un double avantage : elle permet d'opérer vite et bien. Elle présente une image claire, nette, précise des phénomènes, au lieu de ces monceaux de chiffres que les savants les plus

(1) *De l'exploitation des canaux et voies navigables,* par Théophile Finet, ingénieur. — 2e éd. 1879.

habiles osent seuls consulter, pour en déduire des conclusions, des lois. La méthode graphique vulgarise la statistique, sans nuire en rien à la précision de la science.

Cette méthode a un autre avantage, d'une portée incalculable. Elle permet aux hommes de toutes les langues de suivre les phases diverses d'un même phénomène dans tous les pays du monde.

On se ferait illusion cependant, si l'on s'imaginait qu'en pratique la confusion des langues n'entrave pas aujourd'hui les progrès de la statistique graphique.

Pour elle, la confusion des langues ce sont les nombreux procédés que fournissent à chacun les caprices d'une imagination plus ou moins féconde, plus ou moins soumise aux règles d'un jugement droit.

La statistique graphique est encore indisciplinée, défaut qu'explique d'ailleurs son jeune âge. N'est-il pas temps de ramener à un certain nombre de types bien définis les procédés graphiques dus à l'efflorescence exubérante de la science?

Telle est la question que s'est posée l'auteur d'un article fort intéressant sur *Les chemins de fer, les canaux, les routes et les ports de France*, publié récemment dans la *Revue scientifique de la France et de l'étranger* (1).

Telle était aussi la question posée au début du remarquable rapport présenté à la Commission permanente du Congrès international de statistique, le 19 juillet 1878, par M. E. Cheysson, ingénieur en chef des ponts et chaussées, chargé de la direction des cartes et plans et de la statistique graphique au ministère des travaux publics de France (2).

M. E. Cheysson, dont les idées sont reproduites dans l'article cité de la *Revue scientifique*, distingue les types suivants : les *diagrammes orthogonaux*, les *diagrammes polaires* et quatre sortes de *cartogrammes*.

Diagrammes orthogonaux. — Le diagramme à coordonnées rectangulaires ou orthogonales constitue la forme la plus simple du dessin statistique.

On porte sur la ligne des abscisses les valeurs du temps et sur celle des ordonnées, perpendiculaire à la première, les valeurs du fait dont on étudie les variations. Ou bien les points, ainsi déterminés, sont réunis par des lignes inclinées, ou l'on procède par une série de gradins horizontaux, lorsque les ordonnées sont des moyennes établies pour une certaine durée.

Les diagrammes orthogonaux sont complets et tout à fait instructifs, quand l'aire comprise entre le polygone ou la courbe et la ligne des

(1) N° 16, 18 octobre 1879.

(2) *Les méthodes de statistique graphique à l'Exposition universelle de* 1878.

abscisses représente l'intensité d'un fait ou d'un phénomène correspondant au produit des deux variables Ainsi, dans les diagrammes tracés par l'Indicateur de Watt, l'aire représente les variations du travail, produit de la force portée en ordonnée par l'espace parcouru porté en abscisse. Ainsi encore, dans les diagrammes relatifs aux mouvements annuels d'importation ou d'exportation, l'aire de la courbe représente la somme totale des échanges pendant la période considérée.

M. Cheysson se demande si l'on ne peut pas distinguer les diagrammes orthogonaux à *courbes absolues* et les diagrammes orthogonaux à *courbes totalisatrices*, de même que les diagrammes orthogonaux à *gradins absolus* et les diagrammes orthogonaux à *gradins totalisateurs*, suivant que, dessinant plusieurs courbes ou diverses séries de gradins sur le même diagramme, on compte toutes les ordonnées à partir de la ligne des abscisses, l'écart entre les courbes exprimant alors la différence des faits envisagés, ou bien qu'on additionne les ordonnées des diverses courbes de manière que la courbe supérieure représente le total des faits dont il s'agit.

Parmi les nombreux diagrammes orthogonaux qui figuraient à l'Exposition de 1878, M. Cheysson en cite plusieurs : ceux du gouvernement belge, ingénieux diagrammes dressés par M. Lebon, chef du bureau de la statistique au ministère de l'intérieur, indiquant le degré d'activité politique, d'après le nombre des votants et des électeurs par province et par arrondissement ; et d'une façon toute spéciale, les admirables travaux du docteur Marez, qui étaient exposés dans la section française, classe 6, sur les phénomènes physiologiques et naturels. Ce savant, inventeur de plusieurs enregistreurs fort ingénieux, est aussi l'auteur d'un traité remarquable sur la matière (1).

Diagrammes polaires. Ils diffèrent des diagrammes orthogonaux en ce qu'ils sont dressés à l'aide des coordonnées polaires.

Le ministère des travaux publics italien avait adopté ce système pour son grand ouvrage sur la voirie terrestre et ferrée (2).

Le ministère belge de l'intérieur, qui est à peu près le seul engagé chez nous dans ce genre de travaux, avait également adopté ce système dans la *Statistique comparative des provinces de Belgique*, dressée par M. Lebon et envisagée sous dix points de vue démographiques différents.

Cartogrammes. — Les diagrammes, quelles que soient les coordonnées qui servent à les tracer, expriment un rapport entre deux variables linéaires.

Si l'une des deux variables devient une surface, par exemple si l'on

(1) *La Méthode graphique.* In-8° de 672 pages.

(2) *Cenni monografici sui singoli servizi. — Relazione generale.*

veut établir la loi de la distribution géographique d'un phénomène, il faut recourir aux cartogrammes.

Dans les cartogrammes que M. Cheysson propose d'appeler à *foyers diagraphiques*, on établit sur chaque point un diagramme spécial.

Ainsi, sur la carte exposée par le ministère français des travaux publics, carte représentant l'industrie minérale, chaque lieu de production de combustibles minéraux ou de minerais était le centre d'un cercle dont la surface était proportionnelle à l'importance de l'extraction.

Une carte de la mortalité cholérique dans la province de Brabant, dressée par M. le docteur Janssens, donnait, à l'aide de petits cercles divisés en secteurs colorés de rouge et de noir et d'une notation très nette, jusqu'à seize expressions distinctes pour graduer l'intensité des faits.

Les cartogrammes *à bandes* figurent un mouvement. Veut-on représenter le tonnage des transports le long d'une voie de communication? On trace une bande dont les largeurs sont proportionnelles au nombre de tonnes transportées le long de la voie. On arrive, de cette manière, à dessiner des sortes de fleuves qui « débitent, suivant l'heureuse expression de M. Cheysson, non pas des mètres cubes d'eau, mais des tonnes de marchandises ou des milliers de voyageurs.»

A cette série se rattachaient les belles cartes du tonnage sur les routes, sur les chemins de fer et sur les canaux, que chacun a pu admirer dans le pavillon spécial du ministère français des travaux publics, ainsi que la belle carte des exportations du Creuzot.

Le département belge des travaux publics, dont l'exposition, il faut bien l'avouer, était fort incomplète à Philadelphie et à Paris, n'avait rien à montrer dans ce genre. Et cependant, c'est à l'un des ingénieurs de ce département qui eût le plus honoré notre corps des ponts et chaussées si la mort ne l'avait enlevé trop tôt, c'est au regretté M. Alphonse Belpaire qu'est due l'invention des cartogrammes à bandes (1).

Ils furent inventés à la même époque par l'ingénieur français Minard; il eut le temps, lui du moins, d'en vulgariser l'emploi par ses beaux travaux.

Les cartogrammes territoriaux à *teintes dégradées* sont les plus nombreux. Établissez les moyennes d'un fait pour chaque division du territoire, classez ces moyennes en un certain nombre de groupes, affectez à chacun de ces groupes et à chaque division d'un même groupe, soit une couleur, soit une nuance, vous aurez dressé un cartogramme de cette espèce.

(1) *Cartes du mouvement des transports en Belgique, pendant les années 1834 et 1844*, avec une notice explicative.

M. Levasseur, membre de l'Institut de France, dans ses publications concernant les relations de la géographie avec l'industrie, l'agriculture et le commerce, a eu recours à deux teintes, l'une destinée à exprimer les insuffisances au-dessous de la moyenne, l'autre, les excédants au-dessus de cette moyenne.

D'une manière générale, on représentera les phénomènes avec une grande précision en recourant à sept nuances, dont une pour la zone où se produit la moyenne, trois pour les écarts supérieurs, et trois pour les écarts inférieurs.

Cartogrammes à courbes de niveau. L'idée de ces cartogrammes, très ingénieuse, est due à M Lalanne, inspecteur général des ponts et chaussées et directeur des études à l'École des ponts et chaussées de Paris. Cette idée a été reprise par M. l'ingénieur Vauthier dans une brochure (1), suivie de curieuses applications.

Ces cartogrammes à *courbes de niveau* se définissent d'eux-mêmes. La courbe de niveau, tracée sur une carte ordinaire, relie entre eux tous les points situés à un même niveau par rapport au même plan de comparaison, qui n'est autre, le plus souvent, que le niveau des eaux moyennes de la mer. La courbe de niveau statistique, tracée sur un cartogramme, relie entre eux tous les points où un même fait se produit avec une même intensité.

Les cartogrammes de cette espèce indiquent non pas les reliefs naturels du sol, mais les reliefs, c'est-à-dire les hauts et les bas, par exemple, de la mortalité dans les diverses localités de la contrée que l'on examine.

L'esquisse rapide que nous venons de faire, en résumant le remarquable travail de M. l'ingénieur en chef Cheysson, donnera une idée de l'utilité de la statistique graphique, notamment en ce qui concerne la construction et l'entretien des voies de communication.

Nous n'aurions pas atteint notre but si nous ne démontrions qu'il est temps pour la Belgique d'organiser, d'une façon rationnelle et pratique, la statistique des départements, et tout particulièrement du ministère des travaux publics, à moins que l'on ne veuille se laisser dépasser de très loin, dans cette voie féconde, par les pays voisins.

Les ingénieurs belges s'attachent plus volontiers à la pratique qu'aux théories. Il leur importe donc de ne négliger aucune des applications des méthodes graphiques, qui rendent de si utiles et de si rapides services aux diverses branches de notre art. L'ingénieur devrait con-

(1) *Cartes statistiques à reliefs*, par L. Vauthier, ingénieur des ponts et chaussées.

naître tant de choses que, suivant le mot profond d'un ingénieur immortel, Vauban, « *il n'y a pas d'ingénieur parfait.* » Peut-être, Vauban eût-il parlé autrement si les méthodes graphiques avaient eu, de son temps, la valeur pratique qu'elles ont acquises pour aider l'ingénieur à trouver la signification des faits observés.

Les ingénieurs français ont fait mieux que de développer des considérations semblables à celles que nous avons seulement indiquées. Ils sont déjà parvenus à produire des applications vraiment remarquables de la *statistique graphique.* Nous l'allons voir, avant de terminer cette rapide revue des publications récentes sur cette matière.

Album de statistique graphique de 1879, publié par le ministère des travaux publics (de France). — Un arrêté, en date du 12 mars 1878, a institué à la direction des cartes et plans, au ministère des travaux publics, à Paris, un service de statistique graphique chargé « de préparer des cartes figuratives et des diagrammes exprimant, sous la forme graphique, les documents statistiques relatifs, soit aux courants de circulation des voyageurs et marchandises sur les voies de communication de tous ordres et dans les ports de mer, soit à la construction et à l'exploitation de ces voies ; en un mot, à tous les faits économiques, techniques ou financiers, qui relèvent de la statistique et peuvent intéresser l'administration des travaux publics. »

Aux termes de ce même arrêté, ceux de ces travaux qui comportent la publicité doivent être imprimés et publiés en un album « qui comprendra un certain noyau de planches de fondation se reproduisant tous les ans, de manière à donner le moyen de comparer les faits de même ordre dans la suite des temps (1). »

Cet album vient de paraître.

Il est composé de 12 planches dressées d'après deux des types examinés plus haut : les unes sont des *diagrammes orthogonaux*, les autres, des *cartogrammes à bandes.*

L'album de 1879 reproduit les renseignements de 1877 ; c'est déjà un beau résultat pour qui connaît les lenteurs obligées de la statistique administrative.

Les planches de fondation, exigées par l'arrêté du 12 mars 1878, sont représentées par quatre cartes figuratives exprimant le tonnage des routes nationales, celui des voies navigables et des ports, enfin le tonnage et les recettes des chemins de fer. Le format des planches n'est autre

(1) *Note sur l'Album de statistique graphique de* 1879, *publié par le ministère des travaux publics (Direction des cartes et plans). Annales des ponts et chaussées.* — Octobre 1879, p. 261 et suiv.

que celui des documents parlementaires. Cet ouvrage, publié chez les libraires Dunod et Chaix, à Paris, ne coûte que 6 fr. 50.

Atlas statistique des cours d'eau, usines, irrigations, publié par le ministère des travaux publics à Paris (1). — Cette œuvre comprend deux parties : un atlas des cartes départementales à l'échelle de $\frac{1}{200,000}$ et des tableaux numériques.

L'atlas est exécuté en taille douce et à trois couleurs.

Les tableaux, au nombre de deux par fascicule départemental, sont désignés par les lettres A et B; ils présentent les en-têtes suivants :

Tableau A — Données permanentes des cours d'eau.

Numéro d'ordre des cours d'eau.

Désignation des cours d'eau.

Numéros des affluents.

Principales localités du département situées sur les cours d'eau.

Limites, dans le département, des cours d'eau ou de leurs sections — à l'aval — à l'amont.

Longueurs comprises dans le département — par section — par cours d'eau.

Largeur moyenne des cours d'eau ou de leurs sections.

Profil mouillé de pleines rives des cours d'eau ou de leurs sections.

Pente totale par cours d'eau ou par section.

Surface du versant de chaque cours d'eau dans le département.

Volume par seconde — des eaux ordinaires — des eaux d'étiage — des grandes eaux.

Tableau B. — Utilisation agricole et industrielle des cours d'eau.

Numéros d'ordre des cours d'eau (voir Tableau A.)

Désignation des cours d'eau alimentant des irrigations ou des usines.

Irrigations : Désignation des prises d'eau et des communes.

Débit moyen de la prise d'eau par seconde.

Surfaces arrosées par communes :
- Arrosages irréguliers par les crues ou les eaux sauvages.
- Irrigations régulières :
  - Prairies naturelles permanentes.
  - Prairies artificielles temporaires.
  - Autres cultures.
- Totales.

Usines : Nature.

Désignation.

Nombre de paires de meules de moulins.

(1) Voir une notice sur ce sujet, insérée dans le *Journal de statistique*, Paris. Juillet 1879.

Volume des eaux motrices.
Chute en eaux ordinaires.
Force brute en chevaux-vapeur.
Nature du moteur hydraulique.
Force utilisée en chevaux-vapeur.

Tous ces titres sont placés, dans les tableaux, en tête des colonnes verticales.

Bulletin du ministère des travaux publics de Paris. — *Statistique et législation comparée.* — Au moment même où nous terminions cette revue, nous recevions de la direction des cartes et plans du ministère français des travaux publics le premier fascicule (janvier 1880) de la publication dont nous venons de transcrire le titre (1).

Le but de cette publication, qui promet d'être très utile, est indiqué comme suit dans l'avant-propos : « Une décision ministérielle du 14 janvier 1880 porte qu'il sera publié, par les soins de la Direction des cartes, plans et archives et de la statistique graphique (3e bureau) un bulletin mensuel du ministère des travaux publics, analogue à celui du ministère des finances.

» Le Bulletin ne doit pas être un organe de discussion ou de technologie, mais un recueil d'informations statistiques et législatives. Comme l'Album de statistique graphique, il est spécialement destiné au Parlement ; et fournira tous les mois, sous un petit format, les documents et les chiffres les plus récents, qui se trouvent disséminés dans un grand nombre de publications françaises et étrangères, et qui, eu égard à leurs conditions actuelles de périodicité, ne peuvent quelquefois paraître qu'avec d'assez longs retards....

» De temps à autre, des *diagrammes*, intercalés dans le texte, viendront *illustrer* certains tableaux de chiffres, et leur prêter ce secours de la traduction graphique dont l'usage tend à se généraliser de plus en plus. »

Et en fait, le premier fascicule renferme un curieux diagramme *orthogonal à gradins absolus* représentant le développement comparatif des chemins de fer anglais et français de 1840 à 1878.

Ces exemples suffisent; souhaitons qu'ils soient suivis dans notre pays, toutes proportions gardées.

Nous serions d'ailleurs incomplet si nous ne signalions aussi, comme de vrais modèles, les tableaux statistiques sur les mines que MM. l'in-

(1) Paris, Imprimerie nationale, 1880. — 12 francs l'an, 7 fr. six mois, pour la France et l'étranger.

spécteur général des mines Jochams et l'ingénieur des mines Witmeur publient, depuis quelques années, dans les *Annales des Travaux publics de Belgique*.

CH. LAGASSE.

PHYSIOLOGIE.

Psychophysique. — La loi psychophysique ou loi de Fechner a eu le privilège d'exciter des débats animés dans divers recueils périodiques représentant la philosophie aussi bien que la science. Nous croyons la question arrivée à une maturité suffisante pour pouvoir en entretenir utilement nos lecteurs; la nature complexe et délicate du sujet à élucider nous obligera à donner à notre bulletin un développement quelque peu anormal.

Tenant le milieu entre les actes intellectuels et les phénomènes de la vie végétative, les *sensations* offrent ce double caractère, de requérir pour leur production l'intermédiaire d'organes spéciaux, et de pouvoir, d'autre part, nous être révélées par la conscience. Le premier caractère les rapproche des fonctions végétatives, le second des opérations spirituelles. Voir, entendre, goûter, flairer, toucher, voilà tout autant de sensations différentes. A la même catégorie appartiennent aussi, dans un autre genre, la souffrance physique, le sentiment de la fatigue, ou bien celui de l'effort musculaire déployé pour soulever un poids donné. Ces affections subjectives sont provoquées en nous par l'action d'agents extérieurs : ainsi la lumière détermine la vision, le son l'audition, les courants d'induction un sentiment de picotement spécial, et ainsi du reste; cette action des agents extérieurs a reçu le nom d'*excitation*. Une variation dans l'excitation est suivie d'une variation dans la sensation : changez le nombre des vibrations qui constituent l'excitation lumineuse et vous changez par là même la sensation visuelle; cette dernière, au lieu de vous représenter du rouge, par exemple, va vous représenter de l'orangé ou du jaune; à des amplitudes différentes des vibrations correspondront des intensités différentes des couleurs ou des sons dans nos représentations visuelles ou auditives; un poids plus lourd nous donne un autre sentiment de compression qu'un poids plus faible. Les sens sont donc des miroirs, dans lesquels se reflètent les divers changements opérés dans le monde extérieur, mais sont-ils des miroirs fidèles? L'expérience la plus vulgaire nous révèle ici des phénomènes sur lesquels, comme

nous allons le voir, on a édifié une nouvelle théorie des rapports entre l'excitation et la sensation. Placez vingt grammes sur une de vos mains et ajoutez-y dix grammes ; les deux sensations de poids ainsi obtenues seront parfaitement distinctes l'une de l'autre. Au contraire, placez un kilogramme sur la main et ajoutez-y le même poids de dix grammes ; vos deux sensations ne se laissent plus distinguer entre elles. Un même accroissement d'excitation ne se laisse donc pas toujours distinguer aussi aisément dans toutes les circonstances, et il faut entre l'excitation initiale et son accroissement une certaine proportion pour donner naissance à une différence perceptible entre les sensations. C'est ainsi que l'éclat des étoiles, si brillantes quand elles luisent seules au firmament, s'atténue en présence de la lune pour s'effacer complètement devant le soleil ; et que le tic tac d'une montre, si distinctement perceptible dans le silence de la nuit, se perd tout entier dans ce murmure confus formé des mille bruits de l'activité humaine qui se réveillent avec le jour. Scrutant de plus près cet ordre de phénomènes et le soumettant au contrôle d'expériences numériques, M. Weber, dès 1834, crut y reconnaître la loi suivante : pour un même genre d'excitation, le moindre accroissement perceptible est toujours dans le même rapport avec la grandeur de l'excitation primitive. Ainsi, dans l'estimation des poids par le moyen de l'effort musculaire déployé pour les soulever, il croyait avoir trouvé ce rapport égal à 1/17, c'est-à-dire que, pour pouvoir distinguer deux poids, il fallait que le second fût en excès sur le premier de 1/17. Deux poids, l'un de 34 grammes, l'autre de 35, ne pouvaient être distingués l'un de l'autre, leur différence, un gramme, étant plus petite que le 1/17 de 34 grammes ; et cependant cette même différence d'un gramme aurait été perceptible, s'il s'était agi de deux poids l'un de 17, l'autre de 18 grammes, parce qu'elle était le 1/17 du premier.

Déjà avant M. Weber, une loi semblable avait été énoncée pour le cas particulier des intensités lumineuses. Bouguer, en 1760, avait déduit de ses expériences photométriques la conclusion qu'une lumière disparaît devant une autre lorsqu'elle est, en intensité, inférieure au 1/64 de cette dernière; mais ce qui est propre à Weber, c'est d'avoir généralisé la loi et de l'avoir appliquée aux sensations de toute espèce, sensations d'étendue, d'intensité lumineuse, d'intensité sonore, de tact et d'effort musculaire. M. Fechner, en 1860, vint donner une tout autre portée à la loi de Weber. Celui-ci n'avait parlé que de l'appréciation de la différence entre deux excitations, et sa loi était conçue de telle sorte qu'il était impossible de la représenter par une équation mathématique entre l'excitation et la sensation. C'était se confiner entre les limites de l'expérience. M. Fechner franchit ces limites par une hypothèse qu'il émit sur les sensations. Il prétendit que s'il fallait ajouter 2 grammes à 34 grammes pour avoir une différence perceptible, tandis qu'une addition d'un

gramme suffisait dans le cas d'un poids initial de 17 grammes, cela provenait de ce que les deux poids additionnels, si différents cependant, produisaient des accroissements de *sensation* rigoureusement égaux. Les mêmes accroissements de sensation ne sont donc point obtenus par les mêmes accroissements *absolus* d'excitation, mais par les mêmes accroissements *relatifs*, ou ce qui revient au même, les sensations croissent en progression arithmétique quand les excitations croissent en progresion géométrique. Dès lors en choisissant convenablement la base des logarithmes et l'unité d'excitation, on pourra considérer les sensations comme les logarithmes des excitations. Ce serait là, d'après M. Fechner, la loi fondamentale de la *psychophysique*, c'est-à-dire, de la science des rapports entre les phénomènes psychiques et physiques. Cette nouvelle loi a attiré l'attention de plusieurs savants, MM. Aubert, Helmholtz, Volkmann, Delbœuf, Wundt et d'autres encore. M. Exner, tout récemment, l'a jugée digne d'un compte rendu très ample dans le remarquable *Handbuch der Physiologie* publié par M. Hermann (1).

L'hypothèse de Fechner serait bientôt convaincue de fausseté, si on voulait la pousser jusqu'à ses dernières conséquences. On arriverait ainsi à des résultats aussi manifestement contredits par l'expérience que ceux-ci : l'addition d'un kilogramme à un kilogramme produirait la même impression subjective que l'addition d'un gramme à un gramme, car l'excitation devenant dans les deux cas double de l'excitation primitive, l'accroissement de sensation sera égal de part et d'autre à log. 2 ; de plus la sensation d'effort musculaire déployé pour soulever un poids quelconque, quelque petit qu'il soit, pourra être estimée aussi grande qu'on voudra. Soit en effet le poids d'un gramme, je dis que la sensation d'effort musculaire correspondante pourra être considérée comme indéfiniment grande ; car avant de soulever le gramme, j'aurais pu poser sur ma main un décigramme ; le rapport des deux poids étant de 10 à 1, l'augmentation de sensation pour le gramme serait égal à log. 10, et par conséquent la sensation entière pour le gramme sera supérieure à log. 10 ; mais au lieu de commencer par le décigramme, j'aurais pu commencer par le centigramme, le milligramme... et la sensation pour le gramme devrait être supérieure à log. 100, log. 1000, et en somme à un nombre quelconque, aussi grand qu'on veut le supposer.

On conçoit dès lors pourquoi les partisans les plus ardents de la loi de Fechner, et ce dernier lui-même, n'ont jamais prétendu appliquer la loi à toutes les valeurs possibles de l'excitation. Elle ne serait valable que pour des valeurs moyennes à déterminer par l'expérience ; au-dessus ou au-dessous de certaines limites, elle ne recevrait plus d'ap-

(1) Bd. 2, th. 2, s. 217.

plication. La raison de cette restriction se trouverait, à leur avis, dans l'influence exercée par certaines conditions étrangères, influence négligeable pour des valeurs moyennes de l'excitation, mais prenant une importance considérable pour des valeurs très grandes ou très petites. Ces conditions étrangères seraient généralement :

1° L'*excitabilité limitée* de l'organe. L'excitabilité resterait à peu près constante dans certaines limites d'excitation; mais en dehors de ces limites elle commencerait à varier notablement, s'épuisant pour des excitations fortes avec accompagnement de fatigue, et d'un autre côté possédant trop peu de délicatesse pour pouvoir s'accommoder à des excitations très faibles dont l'effet par là même serait à peu près nul.

2° L'*état d'excitation constante* de l'organe. C'est ainsi que, même en pleine obscurité, l'œil est excité et perçoit un certain degré de lumière appelée lumière propre de l'œil; d'intensité très faible, cette lumière propre peut être négligée à côté des intensités moyennes de la lumière extérieure ; mais lorsque cette dernière s'affaiblit, la lumière propre devenant une portion considérable de l'excitation totale vient compliquer les résultats.

Sans trop nous soucier si l'introduction de ces éléments perturbateurs rend suffisamment compte des écarts auxquels est sujette notre loi, nous nous occuperons ici d'un objet plus saisissable en restreignant notre examen aux valeurs moyennes de l'excitation. Nous allons d'abord passer en revue les expériences faites pour prouver et pour contrôler la loi, nous examinerons ensuite jusqu'à quel point les déductions tirées de ces expériences sont légitimes.

I. Expériences. Elles peuvent être classées d'après les différents sens dont nous sommes doués ; mais il convient tout d'abord de faire remarquer que le goût et l'odorat, comme on le conçoit d'ailleurs aisément, ne se sont pas prêtés à des mesures précises. Nous aurons donc à nous occuper de la vue, de l'ouïe et du toucher; nous y joindrons le sens musculaire, qu'on a pu aussi soumettre à l'expérience.

Vue. — Les sensations de vision présentent des variations au point de vue de l'intensité lumineuse, de la qualité lumineuse et de l'étendue de l'objet représenté.

Pour l'*intensité*, deux méthodes ont été employées, celle des *plus petits accroissements perceptibles*, et celle de l'égalité des *contrastes*.

La méthode des plus petits accroissements perceptibles fut originairement adoptée par Bouguet et M. Weber. Un des dispositifs opératoires consiste à produire sur un écran au moyen de deux bougies d'égale intensité deux ombres d'une même tige verticale. Une des deux bougies restant fixe, on éloigne graduellement la seconde jusqu'à ce que l'ombre correspondante disparaisse. Les régions avoisinant l'ombre ont

évidemment sur celle-ci un excès lumineux égal à la clarté qu'elles reçoivent de la bougie mobile. Supposons que l'ombre disparaisse quand la bougie mobile est à une distance 10 de l'écran, la distance de la bougie immobile étant prise pour unité. L'excès de clarté du champ sur l'ombre, excès qui maintenant n'est plus perceptible puisque l'ombre et le champ paraissent également éclairés, est évidemment égal à 1/100 de la clarté de l'ombre. Or M. Volkmann a constaté que, quelle que soit la distance de la bougie immobile, il faut toujours, pour faire disparaître l'ombre, placer la bougie mobile à une distance dix fois plus grande. Donc le plus petit accroissement perceptible de l'intensité lumineuse est égal à 1/100 de cette intensité, quelle que soit la valeur de cette dernière.

M. Helmholtz (1) a emprunté à Masson un autre dispositif. Sur un disque blanc, est tracé à partir du centre, suivant un rayon, un trait noir interrompu ayant partout la même épaisseur. Donnons au disque un mouvement de rotation très rapide. Les segments du trait noir donneront naissance à des bandes circulaires grises alternant avec des bandes circulaires blanches. Les bandes grises centrales seront les plus sombres à cause de l'influence plus grande de l'épaisseur du trait. Les autres deviendront plus claires en s'éloignant du centre, et si le disque est suffisamment grand, on ne pourra plus à la périphérie distinguer les bandes grises des blanches. On note quel est le premier segment du trait noir qui ne donne point naissance à une bande circulaire grise perceptible En divisant l'épaisseur du segment par la circonférence moyenne de la bande en question, on aura le rapport de l'excès d'intensité des bandes blanches sur l'intensité de cette bande. Pour que la loi de Fechner fût vraie, il faudrait que, quelle que fût l'intensité de la source lumineuse éclairant le disque, la première bande grise non perceptible correspondît toujours au même segment du trait noir. M. Helmholtz n'a pas obtenu un résultat aussi constant. Ainsi près d'une fenêtre, par un jour bien clair, il parvenait à distinguer une différence de 1/167 ; tandis qu'au milieu de la chambre la fraction minimum montait à 1/133, et à la lumière directe du soleil à 1/150.

Comme on le voit, les résultats de M. Helmholtz ne concordent pas complètement avec ceux de M. Volkmann. Si l'on rapproche de ces observations celles de Bouguet, de MM. Weber, Aubert et d'autres, on restera convaincu que le minimum d'accroissement perceptible, très variable d'ailleurs avec les observateurs, ne reste pas proportionnel à l'intensité, tout en conservant cependant avec cette dernière un rapport compris entre des limites suffisamment rapprochées.

(1) *Opt. physiol.*, traduct. de Javal et Klein. Paris, 1867, p. 417.

La méthode des *contrastes* nous conduit à la même conclusion. Pour ne rien préjuger, nous dirons que deux intensités lumineuses offrent le même contraste que deux autres, quand, dans notre appréciation, la seconde ressort aussi bien par rapport à la première, que la quatrième par rapport à la troisième. C'est une expérience de la vie pratique que, dans la lumière diffuse, les contrastes varient très peu, quoique l'intensité de la lumière puisse varier très considérablement. La facilité ou la difficulté de la lecture dépend du contraste entre les caractères imprimés et les blancs qui les séparent ; on lit avec une égale facilité depuis le lever du soleil jusqu'au milieu du jour, et depuis le milieu du jour jusqu'à l'approche du crépuscule. Dans une photographie ou une lithographie, on distingue également bien, aux différentes heures de la journée, certaines ombres très pâles et certains traits fort déliés. Or soit, au soleil levant, a l'intensité du champ blanc, b celle de l'ombre ; il est clair qu'en plein midi le soleil augmente dans le même rapport les deux intensités ; on pourra donc les désigner par ak et bk : dans le premier cas le contraste répond à une différence d'intensité $a-b$, dans le second à une différence $ak-bk$. Ces deux différences sont loin d'être égales, mais leur rapport à l'intensité du champ blanc correspondant est le même, car

$$\frac{a-b}{a} = \frac{ak-bk}{ak}.$$

Donc pour produire des contrastes égaux, il faut des différences d'intensité proportionnelles aux intensités variables d'un des objets lumineux.

Pour donner à cette expérience plus de précision, M. Delbœuf (1) emploie un dispositif analogue à celui de M. Helmholtz décrit plus haut. Sur un disque blanc, on détermine par tâtonnement la formation de deux bandes circulaires grises d'intensités telles qu'il y ait le même contraste entre la bande la plus sombre et la plus claire qu'entre celle-ci et le fond blanc du disque. Si on calcule alors la valeur des trois intensités, on trouve qu'elles forment une progression géométrique, 2, 8, 16 par exemple, comme le veut la loi de Fechner. Cependant ce résultat n'est pas invariable pour toute intensité de la source lumineuse ; on constate des variations, légères il est vrai, dans le rapport des intensités fournissant les mêmes contrastes.

M. Fechner s'est aussi servi, dans le même but, des recherches faites sur l'intensité des étoiles. Les astronomes ont, dès les temps les plus anciens, rangé les étoiles par ordre de grandeur, et il est à supposer, dit-il, que la base de la classification a été l'égalité d'excès dans les intensités observées : une étoile de première grandeur aura *paru* sur-

(1) *Revue philos.* La loi psychophysique, III, 243.

passer autant en intensité une étoile de seconde que celle-ci surpasse une étoile de troisième. Or les intensités réelles, correspondant à ces intensités apparentes, forment une progression géométrique : fait d'autant plus remarquable que les intensités réelles, déterminées seulement par des procédés tout récents, étaient complètement inconnues des anciens astronomes. Herschel il est vrai, donne pour ces intensités la suite des inverses des carrés des nombres naturels : $1, \frac{1}{4}, \frac{1}{9}, \frac{1}{16}$; mais, comme le montre M. Fechner, les mesures photométriques les plus récentes s'accordent mieux avec la suite : $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}$, qui forme une progression géométrique. Ici donc de nouveau, d'après M. Fechner, à la suite en progression arithmétique des intensités apparentes correspond la suite en progression géométrique des intensités réelles.

Ces considérations sur les contrastes montrent que M. Wundt (1) donne à tort, comme observation confirmative de la loi de Fechner, les ombres plus apparentes dans les paysages éclairés par la lune. Au contraire, le contraste entre les ombres et les parties directement illuminées devrait se conserver le même sous les rayons du soleil et sous ceux de la lune, puisque le rapport des intensités lumineuses reçues par les différents objets ne semble pas devoir varier ; on aurait donc plutôt affaire à une objection, qu'il faudrait écarter en recourant aux réflexions faites précédemment sur les limites entre lesquelles est valable la loi de Fechner.

La vision peut être envisagée au point de vue de la *qualité* lumineuse, je veux dire, des différentes couleurs de l'objet représenté. En parcourant le spectre solaire, on peut se demander quelle différence de ton doit exister entre deux couleurs successives pour qu'on puisse les distinguer l'une de l'autre. Dans le spectre, en effet, les couleurs changent par degrés insensibles ; mais quoiqu'on ne puisse distinguer deux couleurs très rapprochées, on distinguera aisément deux couleurs éloignées, le rouge par exemple et l'orangé. D'après les recherches de M. Dobrowolsky (2), les moindres différences perceptibles sont loin de s'accorder avec la loi de Fechner : ainsi pour le rouge, il faut une augmentation égale à 1/363 du nombre de vibrations ; cette fraction pour le jaune descend à 1/772, remonte pour le vert à 1/340, redescend pour le bleu à 1/740 et remonte de nouveau pour le violet à 1/320 ; et si l'on ramène toutes les couleurs à la même intensité, l'écart est encore plus considérable (3).

(1) *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, 1878. s. 662.
(2) *Archiv für Ophthalm.* Bd. 18. abth 1, s. 72.
(3) Ibid., s. 102.

Outre les tons, on peut considérer les *nuances*. Les tons se rapportent à des couleurs entièrement différentes ; les nuances proviennent du mélange d'une même couleur avec plus ou moins de lumière blanche. Les quelques expériences faites sur les nuances par MM. Aubert et Woinow semblent trop incomplètes pour pouvoir être utilisées dans la question actuelle.

Enfin l'*étendue* des objets représentés par les sensations visuelles a été aussi étudiée dans ses rapports avec la loi de Fechner. Ainsi M. Weber a trouvé qu'on pouvait percevoir une différence de 1/30 entre deux longueurs, cette fraction pouvant descendre jusqu'à 1/100 pour des hommes exercés. Certains physiologistes rapportent cette espèce d'appréciation non au sens de la vue, mais au sens musculaire. L'estimation des grandeurs se ferait, d'après eux, en promenant le regard le long de la ligne à mesurer : plus l'effort musculaire déployé pour opérer cette rotation de l'œil serait grand, plus grande aussi serait réputée la longueur en question. On devrait distinguer, je crois, les longueurs représentées sur la rétine par des lignes très courtes situées aux environs de la tache jaune, de celles qui sont représentées par des lignes ou plus longues, ou situées à la périphérie de la portion sensible de la rétine. Pour l'estimation des premières, on ne voit pas trop à quoi servirait la rotation du globe oculaire, tandis que cette rotation semble requise pour l'appréciation des secondes. Qu'on estime les longueurs par la vue ou par le sens musculaire, c'est là, pourrait-il sembler, une question d'une importance très minime au point de vue de la loi de Fechner. Mais il est à propos de remarquer que plusieurs physiologistes veulent appliquer cette loi uniquement aux diverses modifications d'un même élément nerveux. Or, dans les sensations visuelles d'étendues différentes, ce n'est pas le même élément nerveux qui est diversement impressionné ; il y a variation dans le nombre même des éléments nerveux soumis à l'excitation. Dans l'effort musculaire, au contraire, c'est le même élément nerveux qui est actionné plus ou moins fortement par la volonté.

Ouïe. — Comme la lumière, le son offre des différences d'*intensité* et de *qualité*.

MM. Fechner et Volkmann apprécient les plus petites différences d'*intensité* perceptibles par le procédé suivant. On laisse tomber de deux hauteurs différentes une balle de liège sur un plateau de verre ; les deux sons ainsi produits ont des intensités différentes. On répète l'opération en diminuant progressivement la plus grande des deux hauteurs jusqu'au moment où la différence d'intensité des sons n'est plus perceptible, et l'on note la différence des hauteurs. Ils instituèrent, d'après ce procédé, plusieurs séries d'opérations, et trouvèrent que le rapport de la différence des hauteurs à la hauteur la plus petite était constant et égal à 1/3. D'où il suit que le rapport de la différence des intensités à

l'intensité la plus petite était aussi constant et égal au même nombre 1/3. C'est à peu près le nombre déjà trouvé auparavant par MM. Renz et Wolff. La sensibilité de l'oreille aux différences d'intensité est, comme on le voit, assez grossière.

Quant à la *qualité*, deux genres différents d'observations donnent, l'un, des résultats interprétés comme la confirmation la plus éclatante de la loi de Fechner, l'autre, au contraire, des nombres s'accordant de la manière la plus précise avec l'opinion vulgaire qui fait croître les excitations et leurs effets dans le même rapport. Le premier genre d'observations porte sur les intervalles musicaux. Pour percevoir le même intervalle, celui d'un ton par exemple, il faut entre les nombres des vibrations des deux notes une différence proportionnelle au nombre de vibrations de la note la plus basse. Ainsi il y a un intervalle d'un ton entre *sol* ^{2} (99 vibr.) et *la* ^{2} (110), aussi bien qu'entre *sol* ^{3} (198) et *la* ^{3} (220), et l'on voit que la différence dans le nombre des vibrations des deux premières notes, ou 11, est le 1/9 des 99 vibrations de *sol* ^{2}, comme 22, différence des nombres de vibrations des deux dernières, est le 1/9 des 198 vibrations de *sol*^{3}.

Le second genre d'observations est analogue à celui dont nous avons déjà souvent parlé. Il consiste dans la recherche de la plus petite différence de ton perceptible. Or, d'après les recherches de M. Preyer, la plus petite différence perceptible pour les notes moyennes ne dépend point du nombre de vibrations de la note initiale. Elle a une valeur absolue correspondant à une différence de 3 à 4 dixièmes de vibration par seconde entre les deux notes. Aussi M. Preyer se pose-t-il comme un adversaire de la loi de Fechner. Ajoutons toutefois que M. Preyer a fait ses expériences sur des notes chantées successivement ; or M. Weber a reconnu qu'une oreille musicale pouvait distinguer deux notes émises simultanément, lors même qu'elles différaient seulement de 1/500 de leur nombre de vibrations, et que, pour des oreilles exceptionnellement douées, cette fraction pouvait descendre jusqu'à 1/1000. Il ne semble pas cependant que les recherches de M. Weber aient été aussi étendues que celles de M. Preyer.

Toucher. — La peau, organe du toucher, sert à deux espèces de sensation, la sensation de *pression* et celle de *température*.

S'agit-il de déterminer les plus petites différences perceptibles de pression, la personne qui se prête à l'expérience tient les yeux fermés et étend une de ses mains, la paume reposant sur une table. On place sur le dos de la main des poids différant de moins en moins, ou bien à un même poids on ajoute successivement des poids de plus en plus petits. On peut constater par là que le toucher est loin d'être un instrument de précision : suivant les expériences de Weber, une différence de 1/3 dans le poids se fait à peine sentir. Ce rapport d'ailleurs

est tellement variable que la loi de Fechner n'y peut trouver aucun appui.

La *température* ne se prête pas mieux à la confirmation de la loi. D'abord ici l'excitation est très difficile à mesurer. Pour appliquer la loi de Fechner, notons qu'il faut connaître non seulement la différence numérique des excitations, mais aussi la grandeur absolue des excitations. On doit en effet constater un rapport constant entre la différence des excitations et la valeur de l'excitation primitive. Or, si l'on connaît par la théorie mécanique de la chaleur la quantité de calorique nécessaire pour élever d'un degré la température d'un kilogramme d'eau, on n'a pas encore déterminé, que je sache, la quantité de calorique totale contenue dans un kilogramme d'eau à 18° par exemple. On ne peut, non plus, voir dans le nombre de degrés quelque chose d'absolu : ce nombre variant avec le zéro de l'échelle, les résultats seraient variables avec le thermomètre employé. Aussi a-t-il bien fallu, pour la température, modifier l'idée même de la loi de Fechner, et au lieu de prendre des chaleurs absolues, se contenter de chaleurs relatives. On a donc imaginé un nouveau thermomètre dont le zéro correspond à la température normale de la peau (18°,5 C à peu près). Les expériences se font en plaçant un doigt de chacune des deux mains dans deux bassins remplis d'eau à deux températures très voisines ; on recherche quand la différence de température ne se fait plus sentir. M. Fechner, en rapportant ses observations à la nouvelle échelle mentionnée plus haut, croit avoir trouvé des résultats assez satisfaisants pour sa loi entre 20° et 30° R ; la constante proportionnelle serait 1/3, c'est-à-dire que pour une température de 9 degrés de la nouvelle échelle, on s'apercevrait d'une différence de 3 degrés, pour une température de 12 on remarquerait une différence de 4 degrés, et ainsi de suite. Mais ce résultat est loin d'être acquis à la science.

Sens musculaire. — Après les intensités lumineuses, ce sont les affections de ce sens qui ont été soumises aux expérimentations les plus nombreuses. Le procédé d'exploration est le même que pour les sensations de pression par le toucher, à une seule exception près : c'est que l'estimation du poids se fait, de la manière vulgaire, par des oscillations verticales successives de la main sur laquelle il repose. M. Weber estime qu'ici l'accroissement doit être le 1/17 du poids primitif.

M. Fechner emploie trois méthodes : 1° Celle des plus petites différences perceptibles (*der eben merklichen Unterscheide*), identique à celle de M. Weber. 2° Celle des cas justes et des cas erronés (*der richtigen und falschen Fälle*). On aura une idée claire de cette méthode en prenant l'exemple suivant emprunté à M. Fechner. Il place sur la main d'une personne un poids de 300 grammes, puis un poids additionnel égal à 1/25 de 300 grammes, soit 12 grammes ; on répète 1024 fois l'expé-

rience en demandant chaque fois à la personne si elle a senti oui ou non un accroissement. On doit évidemment lui poser la même question un certain nombre de fois sans ajouter aucun poids additionnel ; le cas est réputé juste ou erroné, suivant que la réponse est conforme ou non à la réalité, les réponses indécises étant ajoutées par moitié aux cas justes et aux cas erronés. Supposons que sur 1024 observations, le nombre de cas justes pour 300 grammes soit 612. On refait la même série d'expériences pour 500 grammes et un poids additionnel égal à 1/25 de 500 grammes, soit 20 grammes ; pour 1000 grammes et un poids additionnel de 40 grammes,..... Si le nombre de cas justes est toujours 612, ou un nombre rapproché, on en conclura que dans notre estimation un poids additionnel de 12 grammes se comporte à l'égard de 300 grammes, comme un poids additionnel de 24 grammes à l'égard de 600, et ainsi de suite, c'est-à-dire que le poids additionnel doit toujours être la même fraction du poids primitif.

3° Celle des erreurs moyennes (*der mittleren Fehler*). On prend un poids de 500 grammes par exemple, et sans l'aide de balance, par le seul sens musculaire, on s'essaie à former au moyen de grains de plomb un poids égal. On pèse ce nouveau poids et supposons qu'il soit égal à 530 grammes ; l'erreur sera de 30 grammes. On recommence l'opération qui donne une nouvelle erreur ; on pourra ainsi avoir une troisième, une quatrième erreur.... On fait la somme des erreurs, on prend la moyenne, qui est par exemple 25 grammes. On répète toute la même série d'opérations pour 1000 grammes, pour 1500 grammes...; si les erreurs moyennes sont respectivement 50, 75... grammes, la loi de la proportionalité des accroissements aux excitations sera satisfaite.

Voilà pour la théorie des trois méthodes, venons à la réalité. M. Fechner se déclare satisfait des résultats qu'il a obtenus ; je ne puis guère me ranger à son avis. Prenons par exemple les expériences faites d'après la méthode des cas justes et des cas erronés. Sur 1024 cas, il obtient

pour 300	grammes,	612	cas justes
pour 500	»	586	»
pour 1000	»	629	»
pour 1500	»	638	»
pour 2000	»	661	»
pour 3000	»	685	»

Ne faisons pas attention à la divergence des limites extrêmes (100 sur 700 à peu près), qui me semble assez considérable ; il y a une remarque plus fondamentale à faire : M. Fechner ne fait pas entrer en ligne de

compte un élément très important et qui doit donner une tout autre signification aux résultats : c'est le poids du bras. Quand on soulève 300 grammes, ce qu'on soulève en réalité ce n'est pas 300 grammes, mais ce poids augmenté de celui du bras. Il y a lieu de tenir compte de ce dernier, puisque, pour les intensités lumineuses, on ne croit pas pouvoir négliger la lumière propre de l'œil en présence de quantités égales ou plus petites. Or le poids du bras n'est pas une quantité minime ; on peut en effet l'estimer, après M. Hering, à 1750 grammes. La conscience d'ailleurs nous avertit tout autrement de l'effort musculaire déployé pour soulever le bras que de la lumière propre de l'œil, et il n'est point difficile de constater sur soi-même que l'énergie dépensée à soutenir le bras entre pour une large part dans le sentiment de l'effort musculaire relatif à des poids moyens. Voyons ce que deviennent, par l'introduction de cet élément, les chiffres de M. Fechner. Les poids soulevés seront

1750 gr. + 300 gr. ou 2050 gr.
1750 gr. + 500 gr. ou 2250 gr.
1750 gr. + 1000 gr. ou 2750 gr.

Le poids additionnel de 12 gr. est le $\frac{1}{171}$ de 2050 gr.

Celui de 20 gr. est le $\frac{1}{113}$ de 2250 gr.

Celui de 40 gr. est le $\frac{1}{69}$ de 2750 gr.

Ces poids additionnels sont donc loin d'être les mêmes fractions du poids principal, et les nombres donnés par M. Fechner se retournent contre sa théorie. On comprend aisément dès lors pourquoi les physiologistes se sont partagés en deux camps opposés en ce qui regarde la possibilité d'assujettir le sens musculaire à la loi psychophysique.

Résumons cette première partie. Le simple examen des nombres fournis par l'expérimentation suffit pour démontrer que l'hypothèse de Fechner ne peut s'appliquer ni à l'estimation des différences des couleurs, ni à la pression ressentie par le toucher, ni au sens musculaire. Pour la rendre susceptible de s'appliquer aux sensations de température, il faut en changer complètement le sens et se contenter de nombres plus ou moins approchés. Dans l'appréciation des tons musicaux, si elle semble trouver un appui dans la perception de l'égalité des intervalles, elle vient échouer, d'autre part, contre les observations de M. Preyer. En se mettant toujours exclusivement au point de vue des chiffres, ce qui s'accorde le mieux avec la loi, ce sont d'un côté les expériences faites sur

les intensités de la lumière et du son, de l'autre, les résultats fournis par l'estimation des longueurs à l'aide de la vue. Dès lors, la loi de Fechner n'est plus une loi générale régissant toutes les sensations et réglant les rapports du monde physique et du monde psychique. Elle n'a plus qu'une importance limitée et tout à fait secondaire, et M. Fechner ne se serait point soucié de s'imposer un travail aussi constant et aussi ardu, s'il ne s'était agi que d'une formule empirique pour l'appréciation des intensités de la lumière et des sons.

Nous ne dirons qu'un mot des efforts de M. Delbœuf (1) pour sauver la loi de Fechner par une série de corrections qui introduiraient assez de constantes arbitraires pour venir à bout de toutes les anomalies qu'on pourrait rencontrer. Il prétend calquer toutes les sensations sur les sensations de température dont il donne une théorie nouvelle. La sensation de température consiste, à son avis, dans une rupture d'équilibre entre les vibrations calorifiques de la peau et celles du milieu ambiant. La peau toutefois tend peu à peu à se mettre à la température du milieu qui l'environne ; de là résulte une dégradation progressive de la sensation, puisque la discordance des températures va en s'atténuant. Mais si la température extérieure est considérablement supérieure à la température normale de la peau, le corps ne peut ni se mettre ni se maintenir en équilibre avec le milieu où il se trouve, sans éprouver une espèce de tension de nature à altérer notablement la sensation. M. Delbœuf a des formules pour la dégradation de la sensation, pour la tension ; elles sont données, il est vrai, comme complètement hypothétiques, mais elles ne laissent pas de prêter un air scientifique à des théories *à priori*, telles que nos pères en avaient quelquefois avant l'introduction des méthodes expérimentales. Tout ce qu'on peut dire, c'est que ces lois gouverneraient le monde si M. Delbœuf l'avait créé ; elles ont une valeur très contestable dans le monde réel.

II. Critique des déductions tirées des expériences. Nous abordons actuellement une autre face de la question. Oublions pour le moment les discordances numériques signalées plus haut; admettons que tous les chiffres aient répondu à l'attente de M. Fechner et tenons pour parfaitement établi que les moindres différences perceptibles d'excitation sont proportionnelles à la grandeur des excitations ; nous disons que M. Fechner n'aurait pas encore le droit de tirer des expériences une loi réglant la manière dont grandiraient les *sensations*. Dans sa loi en effet il suppose l'intervention de deux facteurs seulement, l'excitation et la

(1) *Théorie pratique de la sensibilité*. Bruxelles 1876.

sensation ; or il existe un troisième facteur, et l'introduction de ce nouvel élément est de nature à modifier profondément les conclusions à tirer des phénomènes. Qu'un troisième facteur intervienne, c'est un fait hors de conteste; car que recherche-t-on généralement pour établir la loi, sinon la moindre différence *perceptible* entre deux sensations, c'est-à-dire, non pas la moindre différence *existant* entre deux sensations, mais la moindre différence que l'*esprit* y puisse distinguer. Et voyez en effet à quelle absurdité on arriverait, s'il s'agissait de la moindre différence susceptible d'exister entre les sensations. Prenons pour exemple l'intensité de la lumière. On dit que la moindre différence correspond à un accroissement de 1/100 dans l'excitation ; mettons que cela regarde le minimum absolu de différence dans les sensations mêmes : il s'ensuivra que pour un accroissement de 1/200 dans l'excitation, il n'y aura pas de différence dans la sensation. J'augmente l'intensité extérieure A de son 1/200, puis la nouvelle intensité de son 1/200, et ainsi de suite ; par ce procédé on peut rendre l'intensité extérieure aussi grande qu'on veut, double, triple de l'intensité primitive, et cependant comme la seconde sensation serait la même que la première, la troisième la même que la seconde...., la sensation n'éprouverait jusqu'au bout aucun changement ; l'excitation finale causerait en nous la même impression que l'excitation initiale, et nous ne pourrions distinguer deux intensités l'une de l'autre, même si on les plaçait côte à côte. Les moindres différences perceptibles ne dépendent donc point uniquement de notre faculté de sentir, mais aussi de la finesse avec laquelle l'intelligence perçoit une différence plus ou moins petite dans les sensations. On me dira que l'intervention de l'intelligence ne m'empêchera pas de tomber dans l'inconvénient signalé; car en faisant croître l'intensité par 1/200, je n'aurai jamais perçu de distinction entre les sensations, et par conséquent je croirai à la fin à l'identité entre la dernière sensation et la première. Nullement, les deux cas sont différents. S'agit-il de sensations, il faut qu'en présence d'intensités différentes, elles soient elles-mêmes ou bien égales ou bien différentes, il n'y a pas de milieu. L'intelligence au contraire n'est pas assujettie à prononcer nécessairement un de ces deux jugements ou bien que les intensités sont égales ou bien qu'elles sont différentes. Elle peut rester dans le doute et ne savoir si deux intensités successives ont oui ou non la même valeur. A la rigueur, cette indécision peut persévérer jusqu'au bout si on ne conserve aucun souvenir de la première intensité; mais si à la dernière intensité on fait brusquement succéder la première, il n'y aura plus d'hésitation de la part de l'intelligence qui portera un jugement assuré sur l'inégalité.

M. Weber était donc tout à fait resté dans les limites de l'observation lorsqu'il parlait des accroissements *perceptibles* de l'excitation. Il ne

s'occupait que des deux termes extrêmes du phénomène, les seuls aisés à bien constater, c'est-à-dire d'un côté l'excitation, de l'autre le jugement porté sur l'excitation. Assurément l'excitation ne peut provoquer le jugement que grâce à la sensation, mais il est extrêmement malaisé de déterminer la valeur de cette dernière. C'est ainsi que nous connaissons bien mieux les deux extrêmes d'un mouvement volontaire, c'est-à-dire la volonté et le mouvement qu'elle provoque, que les modifications nerveuses et musculaires, nécessaires cependant pour rendre possible l'empire de la volonté sur les membres.

M. Fechner n'a pas nié, je pense, l'intervention de l'intelligence dans les phénomènes psychophysiques, mais il considère ce facteur comme n'altérant pas les résultats, et par conséquent comme négligeable au point de vue de la loi à formuler. L'intelligence serait un miroir reflétant parfaitement la sensation, et on pourrait sans crainte attribuer à la sensation tout ce que l'on perçoit dans ce miroir. Était-il justifié à identifier ainsi ces deux facultés ? C'est ce que nous allons examiner.

Les observations psychophysiques se font, comme nous l'avons vu, suivant deux procédés : ou bien l'on détermine les accroissements *à peine perceptibles ;* ou bien, et c'est le cas pour la tonalité, on voit à quels accroissements d'excitation correspondent des intervalles *égaux* très perceptibles de tonalité. Dans le premier cas, M. Fechner estime comme égales les différences de sensation à peine perceptibles. De quel droit ? Est-ce parce que je les perçois comme égales ? Tout expérimentateur quelque peu attentif se refusera à admettre qu'on puisse percevoir l'égalité de ces sortes de différences. Quoi ! il s'agit de cet instant critique où il faut déterminer si l'on perçoit encore une différence ou si l'on n'en perçoit plus, si l'on voit encore une ombre ou si l'on n'en voit plus, et l'on veut que je compare cette ombre à peine perceptible à cette autre à peine perceptible aussi et que j'affirme leur égalité complète. Cette prétention ne peut être sérieuse.

Mais peut-être voudra-t-on prouver *à priori* l'identité de ces différences par le raisonnement suivant emprunté à M. Wundt : « Ces changements d'un minimum appréciable dans les sensations, » dit-il dans la *Revue scientifique* (1), « sont nécessairement égaux les uns aux autres en grandeur. Si le changement de l'une ou de l'autre des deux sensations comparées était plus grand ou plus petit que celui de l'autre, il serait par là même plus grand ou moindre que le minimum appréciable, ce qui serait contraire à la supposition. » Je ne sais comment il peut paraître évident à M. Wundt que le minimum appréciable dans un cas doit être égal au minimum appréciable dans un autre cas quel-

(1) T. XIV, p. 1018.

conque. Supposons deux longueurs, l'une de 20^{mm}, l'autre de 20^{mm}5, placées à une certaine distance l'une de l'autre. Elles donnent sur la rétine des images inégales et provoquent des sensations différentes que je ne saurai pas cependant distinguer ; mais si je rapproche les deux longueurs et si je les applique l'une sur l'autre de manière à faire coïncider une de leurs extrémités, j'aurai conscience de l'inégalité parce que la seconde extrémité de la plus grande longueur déborde alors sur l'extrémité correspondante de la plus petite. Voilà donc une différence de sensation qui est inappréciable dans un cas et qui devient appréciable par un simple changement de position des objets. Mais à quoi bon imposer à M. Wundt des exemples choisis par nous, puisque ce physiologiste admet implicitement dans son *Traité* l'inégalité des minima appréciables de sensation. Car là où il parle de la fonction de l'audition (1), il reconnaît à la fois, et que la loi de Fechner s'applique à la perception des intervalles musicaux, et que les moindres différences perceptibles dans les sensations d'intervalle correspondent, comme le veut M. Preyer, à des accroissements d'excitation égaux en valeur absolue. Or, des accroissements d'excitation égaux en valeur absolue déterminent, d'après la loi de Fechner, des différences inégales de sensation, susceptibles de varier du simple au double, au triple... d'après la note initiale. M. Wundt doit donc, en vertu de ses principes mêmes, admettre l'existence de divergences considérables entre les minima appréciables de sensation. Je sais que ce physiologiste essaie d'expliquer pourquoi les moindres différences perceptibles de sensation correspondent ici à des accroissements égaux d'excitation : mais les procédés mathématiques de raisonnement, tels que la réduction à l'absurde invoquée par M. Wundt, se refusent à toute espèce de transaction. Ils ressemblent beaucoup à ces corps explosibles auxquels on a recours dans les cas désespérés pour se débarrasser d'obstacles trop résistants. Ce sont des engins puissants, mais brutaux; on en doit user avec grande circonspection, car dès qu'ils se mettent en action, il n'y a plus moyen de les diriger, et il faut accepter toutes les conséquences entraînées par les énergies auxquelles on a soi-même donné libre carrière. De même les preuves mathématiques sont irrésistibles, mais aussi on doit les accepter dans toute leur extension, et il n'y a pas moyen de limiter leur champ d'activité. C'est tout ou rien; elles prouvent pour tous les cas ou elles ne prouvent pour aucun.

Prenons actuellement le second procédé, c'est-à-dire celui qu'on emploie quand il s'agit des intervalles de tonalité. Ici, à n'en pas douter, l'intelligence perçoit comme parfaitement égaux l'intervalle entre

(1) Ouvrage cité, p. 724.

deux notes et celui qui existe entre leurs octaves, par exemple. A cette égalité dans les intervalles sentis correspond, non l'égalité des différences entre les nombres de vibrations, mais l'égalité du rapport de chacune de ces différences avec les nombres des vibrations des notes correspondantes. La loi de Fechner est donc démontrée pour ce cas spécial. Voyons cependant. D'après M. Fechner, l'intervalle d'un ton serait l'excès de la sensation de la note *ré*, par exemple, sur la note *do* ; c'est ce qu'il faut ajouter à la sensation de la note *do* pour avoir la note *ré*. M. Fechner, établissant en effet une formule *mathématique*, parle de différence numérique. Il ne s'agit point d'une différence dans l'acception vulgaire du mot; comme quand l'on parle, par exemple, de la différence entre l'homme et l'animal. Or la première propriété d'une différence numérique est d'être de la même nature que les termes extrêmes. L'intervalle étant la différence de deux notes sera donc une note comme le *do* et le *ré*. Demandez donc à un musicien de vous chanter l'intervalle d'un ton comme il vous chante un *do* ou un *ré* ; demandez-lui de vous dire si l'intervalle d'un ton est une note haute ou une note basse, dans quelle gamme il se trouve. Il est inutile de donner la réponse à cette question ; l'intervalle est un intervalle et on ne pouvait mieux le nommer. Les notes sont situées aux degrés successifs d'une échelle; on doit monter moins d'échelons pour aller d'une première note à une seconde que pour aller de la première à une troisième; mais les notes plus hautes ne sont pas égales aux notes plus basses augmentées de l'intervalle qui les sépare. Autant vaudrait dire que le second étage d'une maison est égal au premier plus la hauteur de cinq mètres par exemple qui les séparerait, et que Londres est égale à Paris plus un certain nombre de lieues. La note n'est pas susceptible d'une telle mesure : elle n'est ni grande ni petite; la note *do* n'est pas plus petite que la note *ré* parce qu'elle est plus basse d'un ton. Aussi ne conçoit-on pas la possibilité d'épuiser une note en la faisant descendre par tons successifs, comme on épuiserait un mètre en le diminuant par millimètres.

De ces considérations résulte qu'aucune des méthodes employées par les partisans de la loi psychophysique ne repose sur un fondement solide, puisqu'on n'est point parvenu jusqu'à présent à constater l'égalité de différence entre diverses sensations. Il reste une question à vider : quoique l'égalité des moindres différences perceptibles ne soit pas prouvée, ne pourrait-on pas l'admettre à titre d'hypothèse destinée à jeter du jour sur les faits observés? Une hypothèse, en effet, pour être utile et légitime, ne doit pas être démontrée ; bien plus, une hypothèse cesse d'être telle lorsqu'elle est prouvée rigoureusement. Toutefois, la science n'ouvre pas, sans examen, la porte à toutes les hypothèses. Pour être acceptée, une hypothèse doit ne pas reposer sur une confusion d'idées, et en second lieu elle doit être plus probable que les hypo-

thèses rivales. L'hypothèse de Fechner ne satisfait à aucune de ces deux conditions ; c'est ce que nous nous proposons de démontrer.

Avant tout, il convient de distinguer dans la sensation deux éléments bien différents : la sensation elle-même en tant qu'affection subjective de l'individu, et ce qui est représenté par la sensation. Quand je dis *ce qui est représenté par la sensation*, je ne parle point de l'objet extérieur, cause de la sensation, mais de l'objet représenté à l'intelligence par la sensation. Soient deux longueurs inégales vues sous le même angle : ces deux longueurs sont les objets extérieurs causes de la vision, mais quoiqu'elles soient inégales, les longueurs *représentées* sont égales. On le voit, la longueur représentée est différente ici de la longueur réelle, et ne subit point toutes les variations de cette dernière. Dans certains cas même, l'objet représenté n'a aucun trait de ressemblance avec la cause objective. Il en est ainsi dans l'hallucination : l'objet représenté sera une figure humaine, la cause objective un afflux plus considérable de sang ou quelque autre modification organique. De plus, ce qui est représenté par la sensation, comme nous le prétendions, diffère de la sensation considérée comme affection subjective. Dans un rêve, je puis me représenter un objet de couleur rouge, le rêve lui-même n'est pas rouge. L'objet représenté n'a aucune réalité, le rêve est très réel, car j'ai vraiment rêvé. De même il serait absurde de se demander quelle couleur a l'acte de voir, et il est très naturel de dire que c'est telle couleur que l'on voit.

Cette distinction établie, parcourons rapidement les différentes sensations et voyons, pour chacune d'elles, si l'hypothèse de Fechner satisfait aux deux conditions mentionnées plus haut. Pour la vision d'abord, cette hypothèse repose sur une confusion d'idées : elle parle de différences de *sensations*, là où elle devrait parler des différences qui surviennent dans l'intensité lumineuse, la couleur et l'étendue de *l'objet représenté*, à la suite de variations dans le nombre ou l'amplitude des vibrations lumineuses d'un objet extérieur plus ou moins étendu. Transporter à la sensation les propriétés de l'objet représenté reviendrait à dire qu'un objectif de microscope est plus grand lorsque les images qu'il produit sont plus grandes. C'est exactement le contraire qui a lieu dans cet exemple, car plus un objectif grossit plus il est petit. Je ne veux point établir un paradoxe semblable pour les sensations, mais je prétends qu'il n'y a pas de corrélation nécessaire entre l'objet représenté et le moyen qui sert à le représenter, et en réalité nous ne saurions indiquer quelle modification psychique doit subir la sensation pour représenter telle couleur plutôt que telle autre. Mais si même on voulait appliquer la loi de Fechner à l'objet représenté, on rencontrerait d'autres difficultés. Pour les couleurs d'abord on ne pourrait, sans une seconde confusion d'idées, parler de leur différence comme d'une différence numérique ; cette

différence est pour les couleurs, ce que l'intervalle est pour les notes musicales, c'est une différence de qualités, ce n'est point une différence de deux quantités. Quoique le rouge soit différent du violet, il n'est ni plus grand ni plus petit que le violet, et l'on ne peut parler d'un excès de l'un sur l'autre. Quant à l'intensité et à l'étendue de l'objet représenté, il n'y a rien d'absurde à supposer un œil construit de manière à ce que cette intensité et cette étendue soient les logarithmes de l'intensité et de l'étendue de l'objet extérieur. Voilà pour le monde possible, mais pour le monde réel l'hypothèse de Fechner est-elle la plus propre à rendre raison des faits, supposés même tous favorables? Je ne le crois pas. Si les mêmes différences de l'objet extérieur ne sont pas toujours appréciées avec la même facilité, ce n'est pas nécessairement que ces différences soient altérées dans l'objet représenté. L'imperfection de notre intelligence est ici en cause ; car cette faculté est ainsi faite, qu'elle apprécie d'autant mieux les différences, que les nombres extrêmes sont moins forts. Qui ne conviendra, en contemplant une foule d'un lieu élevé, qu'on s'aperçoit plus aisément d'une différence de dix entre deux groupes, l'un de vingt, l'autre de trente personnes, que s'il y avait deux cents personnes dans le premier et deux cent dix dans le second? Et cependant la représentation visuelle de ces dix personnes n'est nullement influencée par le nombre de celles qui les environnent. Si l'intervention de l'intelligence est si manifeste pour les quantités discontinues, pourquoi la rejetterait-on pour les quantités croissant d'une manière continue comme les intensités et les longueurs? Quelle difficulté y aurait-il, en effet, à supposer que, pour des valeurs moyennes, les intensités représentées croîtraient comme les intensités objectives, et à rejeter sur la seule intelligence l'absence de perception de certaines différences très petites, qui auraient cependant été fidèlement reproduites par la sensation? Nous ne prétendons pas qu'il en soit *rigoureusement* ainsi ; pour établir une hypothèse numérique, il faut des expérimentations numériques aussi; mais cette hypothèse, à prendre seulement les faits observés, est plus plausible que celle de Fechner et n'est pas, comme sa rivale, sujette à ce grave inconvénient que, si on double diverses intensités objectives, les accroissements de l'intensité représentée seront les mêmes, quelle que soit la grandeur ou la petitesse de l'intensité primitive. De plus l'estimation des contrastes serait aussi aisée que dan l'hypothèse de Fechner. Car pour avoir deux contrastes égaux entre quatre intensités prises deux à deux, il faut uniquement que, dans notre représentation visuelle, la première intensité se comporte à l'égard de la seconde comme la troisième à l'égard de la quatrième. Dire avec les partisans de la loi de Fechner que les *différences* entre les intensités *représentées* sont égales, c'est interpréter le phénomène d'après une idée préconçue; car la notion de contraste, telle que nous l'avons définie

tout à l'heure, subsiste si l'on dit que les *rapports* entre les intensités *représentées* sont égaux. Or cette égalité de rapports aurait lieu dans notre hypothèse où nous supposons que, pour des valeurs moyennes de l'excitation, les sensations sont des représentations fidèles de la réalité.

Pour le son, nous nous sommes déjà suffisamment expliqué relativement à la tonalité, et nous avons signalé, dans l'hypothèse de Fechner, une confusion grave entre la notion d'intervalle et celle de différence numérique. Quant à l'intensité, nos remarques seraient identiques à celles que nous venons de faire pour l'intensité lumineuse.

Les sensations de tact se présentent sous un autre aspect. Ici c'est bien la sensation que j'atteins : le côté subjectif domine de loin, dans ces sortes d'affections, le côté représentatif. Le langage vulgaire, à lui seul, est une preuve suffisante de la distinction profonde qui sépare les sensations du toucher de celles de la vision et de l'audition. Je ne dis pas à propos de l'intensité lumineuse que *je* suis plus ou moins éclatant, mais à propos de la chaleur, je dis que *j'*ai plus ou moins chaud. La langue française le cède même en exactitude sous ce rapport à la plupart des autres, où la locution généralement employée est : Je *suis* chaud. De même sous l'influence d'un poids, *ma main* est plus ou moins comprimée et *mon* effort pour le soulever est plus ou moins grand. L'hypothèse de Fechner ne pourrait donc être rejetée *à priori* comme dans les cas précédents ; elle ne suppose pas une confusion d'idées, cependant elle est loin de s'imposer à notre assentiment. Si même les expériences lui avaient été favorables, elles pourraient être interprétées avec plus de probabilité en faveur d'une hypothèse analogue à celle que nous avons faite pour les intensités lumineuses, et nous pourrions développer ici, en faveur du rôle joué par l'intelligence, les mêmes raisons que nous avons déjà fait valoir dans le cas de la lumière.

La conclusion de ce travail est facile à tirer. Non seulement l'hypothèse de Fechner ne s'est point trouvée d'accord avec la majeure partie des faits ; mais elle était par sa nature même condamnée à la stérilité, parce qu'elle reposait sur une confusion d'idées et présentait une interprétation peu naturelle des phénomènes qui lui étaient le plus favorables. Tant de travaux exécutés depuis plus d'un quart de siècle n'ont donc offert aucun résultat important. L'attention a été éveillée, il est vrai, sur les sensations, mais on n'a pas même trouvé un procédé quelconque pour les mesurer quelque peu exactement. L'échec a été si complet qu'on n'entrevoit pas la possibilité d'arriver plus tard à soumettre les sensations, comme les excitations, à des estimations numériques précises. Ce n'est pas manque de talent chez les expérimentateurs, car les physiologistes les plus distingués se sont mis à l'œuvre. La difficulté réside dans le problème lui-même. Les affections subjectives, en effet,

échappent au contrôle des instruments de précision, et restent livrées à l'estimation individuelle et variable du sujet qui les éprouve.

G. H.

GÉOGRAPHIE.

Europe. — Jusque dans ces derniers temps, il n'y avait guère de routes en Islande. Depuis peu d'années on s'est mis à en construire, et aujourd'hui on en trouve un assez grand nombre dont plusieurs sont excellentes. Elles rendent les communications plus rapides et plus faciles en permettant l'emploi de bêtes de somme, car on ne peut songer à faire des voies carrossables dans un pays aussi accidenté et qui n'est à vrai dire qu'un immense volcan émergé de la mer.

Bien que les rivières ne scient pas bien longues, elles sont généralement larges, torrentueuses et extrêmement difficiles à passer. Pourtant il n'y avait pas de ponts ; on va construire le premier sur l'Olfusaa et établir ainsi une communication plus commode entre la partie orientale de l'île et la capitale Reykjavik. Un autre pont est projeté sur le Thorsaa et permettra aux excursionnistes d'approcher de l'Hékla avec plus de facilité.

Il y a un an, on a bâti le premier phare de l'île, et les frais de construction sont déjà couverts par les droits de phare levés sur les navires qui fréquentent le port de Reykjavik. (*Nature.*)

— Le 29 février, après plus de sept années de travaux, le mont Saint-Gothard a été ouvert du nord au sud, et la communication établie entre l'Italie et la Suisse à travers la montagne. On se tromperait toutefois en croyant que les locomotives pourront bientôt traverser le tunnel. Il est percé, il est vrai, mais il n'est terminé que sur une longueur de 3700 mètres; 11000 mètres environ restent à achever. Au delà de 4500 mètres, à partir de Bellinzona, les pieds-droits ne sont pas encore construits ; il n'y a que la voûte qui soit faite ; elle repose provisoirement sur un entablement de roche Puis la voûte cesse à son tour, et l'on n'a plus que le rocher nu. Quant aux lignes d'accès, elles ne pourront certainement pas être terminées avant deux ans, et leur ensemble constituera un travail qui ne sera guère moins remarquable que le tunnel lui-même.

— On a découvert des sources de pétrole dans le Hanovre ; on espère qu'elles seront aussi abondantes que celles de la Pensylvanie. Des son-

dages entrepris par des maisons de Hambourg et de Brême ont déjà permis d'atteindre une profondeur où l'on a obtenu jusqu'à quatre quintaux d'huile par jour. A mesure que l'on creuse plus avant, le pétrole devient de plus en plus inflammable, et il se produit des explosions.

Asie. — On a souvent évalué l'armée chinoise à plus de 1 200 000 hommes, d'autres la font même monter à 1 236 000. Dans les derniers temps il a été question de 602 000 hommes, dont 87 000 de cavalerie, 195 000 d'infanterie de campagne avec artillerie, et 320 000 d'infanterie de garnison. Ce nombre, au dire d'un correspondant de la *Gazette d'Augsbourg*, serait encore exagéré. Ces troupes peuvent exister sur le papier, mais non en réalité. Il paraît que les commandants sont assez disposés à diminuer l'effectif des troupes pendant onze mois de l'année ; mais au douzième mois, lorsqu'ils attendent la visite du mandarin inspecteur, ils se hâtent de remplir les vides au moyen de coolies enrôlés pour la circonstance.

Quelquefois, il est vrai, il arrive un ordre subit de départ. Alors il faut que les rangs soient comblés bon gré mal gré. On tire donc à la hâte des champs, des ateliers, de la rue, une foule de gens à qui on met une arme en main, et on les expédie ainsi sans aucune instruction ni exercice. Les troupes embarquées à Shanghai pour Formose et destinées à combattre les Japonais, ne consistaient qu'en de semblables recrues. Beaucoup avaient été attirés à bord par de fausses promesses ; aussi, quand ils apprirent plus tard le lieu de leur destination, on en vit plusieurs sauter par dessus bord et se noyer. Ces pratiques sont dans les habitudes chinoises.

Tous les trois mois on publie à Pékin une sorte d'annuaire pour l'armée et la marine ; mais l'on n'y mentionne que le nombre des officiers en activité de service ; pour le chiffre des soldats, il n'est possible de le déterminer qu'approximativement.

En supposant que l'armée chinoise se compose réellement de plus d'un demi-million de combattants, à peine la moitié de cette masse pourrait-elle entrer en ligne de compte. Car cette armée, si forte qu'on se la figure, est répartie sur une surface de près de 13 000 000 kilomètres carrés, et la Chine n'a que des routes détestables et est sans chemins de fer pour le transport des troupes. Aussi, lors de la dernière guerre contre Yacoub Khan, de Kaschgar, l'armée chinoise a mis trois ans avant d'arriver à destination.

— La section caucasienne de la Société impériale russe de géographie vient de publier la 3e partie du dixième volume de ses Mémoires (Zapiski). Ce volume contient un travail très remarquable de M. H. Abich sur les cristaux de grêle dans les montagnes de Trialetis (Caucase près

de Tiflis), et sur l'influence que la configuration du pays exerce sur ce météore. M. Abich commence par une description détaillée du Caucase central, et du terrain volcanique qui s'y dirige du sud au nord et fait le partage des eaux entre la Caspienne et la mer Noire, et il recherche l'influence que cette ligne de faîte exerce sur le climat du pays. D'après le titre on pourrait croire qu'il ne s'occupe, plus loin, que des orages de grêle du Caucase; mais on se tromperait. Le savant auteur parle aussi de ceux de l'Europe occidentale ; il y cite entre autres l'orage du mois d'août 1863, à Koewacht (qu'il écrit *Kivacht*), dans la Flandre zélandaise, pendant lequel les grêlons couvrirent le sol d'une couche de 25 centimètres de hauteur.

Afrique. — Une conférence de M. F. W. Nauhaus, sur la colonisation au cap de Bonne-Espérance (1), donne des détails intéressants et peu connus sur les *Boers*. Les Hollandais commencèrent à coloniser le pays en 1650; en 1687 et 1688 un grand nombre de huguenots, réfugiés en Hollande par suite de la révocation de l'édit de Nantes, vinrent s'établir au Cap, et vers la fin du XVIIIe siècle la république des Provinces-Unies y expédia des soldats allemands, dont la plupart s'y fixèrent.

C'est du mélange de ces trois nationalités que descendent les Boers. Tous ont adopté le hollandais comme langue nationale, se nomment fièrement *Zuid afrikaansche boeren* (paysans sud-africains), et se distinguent généralement par leur haine contre la domination anglaise.

On les divise d'après leur manière de vivre en quatre classes : *Wynboeren*, *Veeboeren*, *Land* ou *Korenboeren* et *Trekboeren* (paysans à vin, à bétail, à terres ou à blé, et voyageurs) (2).

Les *Boers* vivent en général dans des fermes isolées. Les *Wynboers*, comme leur nom l'indique, sont viticulteurs. Leurs vins sont mal soignés et généralement impropres à l'exportation ; aussi la plus grande partie est-elle consommée dans le pays ou vendue à des industriels anglais qui la convertissent en alcool. Les *Landboers* cultivent juste assez de grain pour subvenir à leurs besoins actuels, et vont échanger dans les villes le reste de leurs produits contre les objets qu'ils ne peuvent fabriquer eux-mêmes. Les *Veeboers* sont les plus riches ; la quantité de leur bétail varie de cinq cents à vingt mille moutons, de cinquante à deux cent cinquante bêtes à cornes, et de vingt à deux cents chevaux, sans compter les porcs et les oiseaux de basse-cour. La douceur du climat permet de laisser les bestiaux dehors pendant toute l'année, de sorte

(1) *Jahresbericht des Vereins für Erdkunde*, zu Dresden.

(2) Le verbe *trekken* signifie dans le hollandais du Cap, *aller devant soi*, *voyager*.

que l'on n'a pas besoin d'avoir des étables ni de s'occuper de la nourriture d'hiver. Toutefois l'on comprend que d'aussi grands troupeaux demandent des pâturages d'une très grande étendue, d'autant plus que pendant les sécheresses de l'été l'herbe repousse très lentement.

Les *Trekboers* sont de véritables nomades et ne possèdent que des troupeaux. Autrefois, quand la terre était encore au premier occupant, ils erraient par tout le pays avec leurs troupeaux et s'arrêtaient où ils trouvaient des pâturages ; mais depuis que le gouvernement colonial, considérant les terres inoccupées comme appartenant au domaine, a commencé à les vendre et à les céder sous condition d'y établir des fermes, les Trekboers, obligés de louer leurs pâturages passagers, ont presque entièrement disparu de la colonie. On ne les rencontre plus guère que dans l'État-libre du fleuve Orange, et dans le Transvaal où ils sont encore assez nombreux.

Il y a deux ans, lorsque ce dernier pays fut annexé aux possessions anglaises, un grand nombre de Trekboers ont abandonné ce territoire, sont allés à l'aventure vers le désert de Kalahari et sont arrivés, après des souffrances inouïes et des pertes cruelles, auprès du lac Ngami. De là, après une courte halte, ayant appris qu'il y avait de riches pâturages plus au nord, ils sont repartis et il y a quelques mois on a appris au Cap qu'ils s'étaient arrêtés sur les bords du Cunéné. Leurs souffrances avaient été terribles, et il s'est formé au Cap un comité pour venir à leur secours.

— M. Verminck, de Marseille, chargea, l'année dernière, deux employés de son comptoir à Sierra-Leone, MM. Zweifel et Moustier, l'un Suisse et l'autre Français, d'aller à la recherche des sources du Niger.

Ils remontèrent la rivière Rochelle jusqu'au pied des montagnes sans éprouver, paraît-il, la moindre opposition de la part des naturels. Le passage des montagnes présenta plus de difficultés, toutefois ils parvinrent à l'effectuer heureusement. Ils rencontrèrent vers les limites des pays de Kissie et de Koranka la source principale du fleuve. Trois rivières contribuent à former celui-ci : la principale est le Tembi, qui prend sa source à 8°36′ lat. N. et 12°53′ long. O. de Paris; à environ 20 kilomètres plus au N. E. naît le Falico (par 8°45′ lat. N et 12°45′ long. O.). Ces deux rivières coulent parallèlement du sud au nord jusqu'à Liah, dans le pays de Sangara; leur réunion forme le Niger ou Dioliba. Avant leur confluent, le Falico reçoit le Tamincono, qui est la moins importante de ces trois rivières.

— Une feuille volante ajoutée à la dernière livraison des *Proceedings* de la Société géographique de Londres, annonce que l'expédition de l'*African exploration fund*, commandée par M. Thomson, est heureusement arrivée à l'extrémité méridionale du lac Tanganyika le 4 novembre.

—Une dépêche de Zanzibar, reçue à Bruxelles le 2 mars, nous apprend

que MM. Popelin et Van den Heuvel ont rejoint M. Cartier à Karema. On sait que c'est en cet endroit que sera érigée la première station hospitalière.

Bientôt on enverra à cette station un bateau à vapeur en fer, destiné à naviguer sur le lac de Tanganyika. Il a été gracieusement offert à l'Association internationale par un Belge qui a voulu conserver l'anonyme.

Le nombre des stations européennes s'est multiplié dans l'Afrique équatoriale. Les missionnaires protestants anglais en ont quatre, dont une à Livingstonia sur le Nyassa, et une autre à Mpwapwa sur la route de Zanzibar à Oudjidji ; ils en ont également dans ce dernier endroit et chez le roi M'tésa au nord du lac Victoria. Les missionnaires catholiques ont aussi quatre ou cinq stations. D'abord les pères du Saint-Esprit ont un grand établissement à Bagamoyo sur la côte vis-à-vis de Zanzibar. Les pères algériens en ont deux, sur le lac Tanganyika à Oudjidji, et à environ un degré plus au nord à Bikari dans le pays d'Orounda ; ils ont en outre une mission au sud du lac Victoria et une autre dans l'Ouganda auprès du roi M'tésa, qui les a si bien reçus que quatre des six missionnaires protestants qui s'y trouvaient se sont retirés. On a des nouvelles du P. Depelchin et de ses compagnons. D'après un bruit qui avait couru dernièrement, sa mission aurait été retenue prisonnière par un petit potentat de l'intérieur. Des lettres du 14 janvier nous apprennent qu'il n'en est rien.

L'Association internationale a un dépôt à Tabora, dans l'Ounyanyembé, à mi-chemin de Zanzibar à Oudjidji et au lac Victoria. Nous venons de dire que la première station hospitalière se trouvera à Karema, vers 7° lat sud sur le Tanganyika. A Simba, à environ 80 ou 90 kilomètres plus à l'est, M. Carter va fonder un haras pour l'éducation des éléphants indigènes. Aussitôt que la station de Karema sera prête, nos compatriotes passeront le lac et s'avanceront jusqu'à Nyangwé où ils devront en établir une seconde.

Le comité allemand de l'Association se propose d'établir une station dans le pays d'Ougogo au delà de Mpwapwa, et les Français en établiront une dans l'Ousagara entre Mpwapwa et Bagamoyo.

M. Savorgnan de Brazza est parti pour établir une station aux bords de l'Ogôoué. — Stanley, dont nous avons annoncé le départ pour le Congo, a organisé une station à Vivi au pied des chutes de Yellala. Il travaille à construire une route par laquelle il puisse faire monter ses bateaux au-dessus des cataractes.

Amérique. — En attendant le percement du canal interocéanique, une compagnie de capitalistes des États-Unis procède à la construction

d'une voie ferrée à travers l'isthme de Téhuantépec, au sud du Mexique, de manière à relier l'embouchure de la rivière Goatzacoalcos à l'océan Pacifique.

Le gouvernement mexicain en a accordé récemment la concession à M. Edward Larned, de Pittsfield, dont la demande était fortement appuyée par les gouverneurs des états d'Oaxaca et de Vera Cruz.

D'après l'acte de concession, le chemin de fer devra être terminé en trois ans. Le tracé part de l'embouchure du Goatzacoalcos, sur le golfe du Mexique, et aboutit, dans la baie de Téhuantépec, à des lagunes dans lesquelles on creusera un chenal et qui seront transformées en port de mer.

La concession est de 99 ans ; elle donne à la compagnie la propriété d'une certaine étendue de terrain sur les deux côtés de la voie, et la libre disposition du port de Goatzacoalcos et de celui qui sera créé aux bords du Pacifique. A l'expiration, le gouvernement mexicain deviendra propriétaire du chemin de fer, en payant à la compagnie le matériel à moitié prix de l'évaluation, et la voie à 8000 dollars le kilomètre.

Les ingénieurs sont déjà sur place, occupés à reconnaître le terrain, à sonder la mer et à déterminer l'emplacement des quais du port futur d'où partira le chemin de fer.

La pose de la voie sera menée vivement. Comme la distance est d'environ 190 kilomètres, il faudra construire au moins 63 kilomètres par an. Du reste on a déjà 2000 tonnes de rails d'acier sur les lieux, et une autre partie du matériel est en route de New-York, de Pensecola et de Galveston. Dans cette dernière ville on a acheté une puissante drague à vapeur destinée à enlever la vase du Goatzacoalcos ; il faudra deux mois de travail pour donner accès aux navires calant 23 pieds. Il est également arrivé du bois de la Floride, des chaudières de New-York, etc., enfin tout ce qui est nécessaire pour organiser les chantiers.

L'ingénieur en chef chargé de diriger ce gigantesque travail est M. Norris, assisté de M. Mc Alpine, ingénieur conseil.

Une somme de 100 000 livres sterling, en dollars mexicains, a été déposée à la banque de Mexico comme garantie de l'exécution, et l'on espère avoir achevé le travail avant le terme fixé.

Mers polaires. — Le Dr Nordenskiöld est de retour en Europe ; il a été reçu avec les plus grands honneurs à Naples, et est actuellement en route pour la Suède.

Voici, extrait de son rapport, le résumé des résultats pratiques de son voyage :

1° La route par mer, de l'Atlantique au Pacifique le long des côtes septentrionales de la Sibérie, doit fréquemment pouvoir être parcourue

en quelques semaines par un steamer convenable, ayant à son bord des marins expérimentés; mais il est peu probable, d'après les connaissances que l'on possède actuellement sur la mer Glaciale de la Sibérie, que cette route devienne, *dans sa totalité*, d'une importance réelle pour le commerce.

2° On peut déjà poser comme thèse qu'il n'existe pas de difficultés pour l'utilisation, comme route commerciale, de la voie par mer entre l'Obi-Yenisséi et l'Europe.

3° Selon toute probabilité, la route par mer entre le Yenisséi et la Lena et entre la Lena et l'Europe peut être également utilisée comme route de commerce ; mais l'aller et le retour entre la Lena et l'Europe ne pourront se faire dans le courant d'un même été.

4° Des explorations ultérieures sont nécessaires pour décider de la possibilité ou de la non-possibilité de relations commerciales maritimes entre l'embouchure de la Lena et le Pacifique. L'expérience acquise par notre expédition montre que l'on peut dans tous les cas introduire par cette voie, dans le bassin de la Lena, des bateaux à vapeur, des engins pesants et d'autres objets qui ne peuvent être convenablement transportés sur des traîneaux ou des voitures.

— La *Presse* de Vienne annonce que le capitaine de la marine autrichienne Weyprecht, qui a découvert la terre François-Joseph, prend en ce moment, de concert avec le comte Wilczek, les dernières mesures pour organiser une nouvelle expédition au pôle nord.

L. D.

HYGIÈNE

Valeur alimentaire du bouillon (1). — Aux yeux d'un grand nombre de personnes, quand on prescrit à un malade l'usage du bouillon, surtout du bouillon de bœuf concentré, il semble qu'on lui ordonne ce qu'il y a de plus fort. Et nous, médecins, il n'y a pas bien longtemps, nous acceptions encore comme vraie cette opinion. Nous devons cependant reconnaître aujourd'hui que c'était une erreur, que le bouillon ne peut servir à rendre aux tissus les principaux éléments de nutri-

(1) Voy. Dr Michel, *Gazette hebdomadaire* et *Journal des sciences médicales de Louvain*. Janvier 1880.

tion, qu'en un mot ce n'est pas un aliment. La plupart des physiologistes sont d'accord sur ce point, et pour ne citer qu'une seule expérience, disons que Bochefontaine et Carville ayant soumis deux chiens à l'usage exclusif, l'un du bouillon, l'autre de l'eau, les autres conditions étant égales, les ont vus mourir d'inanition au bout d'un même nombre de jours. Est-ce à dire que le bouillon devrait être écarté de notre table? Évidemment non, et si nous lui dénions la qualité d'aliment complet, le pouvoir d'entretenir la vie en dehors de toute autre nourriture, nous devons reconnaître qu'il réunit encore assez d'avantages pour mériter notre faveur. Ainsi, d'après le Dr Michel, le bouillon agit surtout :

1° D'une manière générale, par son influence sur la sécrétion du suc gastrique qu'il augmente notablement. Cette action a surtout été reconnue par Schiff, et elle est telle que, lors d'une digestion laborieuse par insuffisance de suc gastrique, une dose de bouillon dissipera les troubles digestifs ;

2° Par certains principes stimulants, la créatinine, la sarcine, l'acide inosique ;

3° Par des sels minéraux, des phosphates, des sulfates, des chlorures de potasse et de soude. Le chlorure de sodium surtout joue un rôle important parmi les sels. Il fournit de l'acide chlorhydrique au suc gastrique, favorise la dialyse entre les liquides de l'économie et sert lui-même à la nutrition ;

4° Par les acides végétaux que fournissent les légumes.

Quant à la gélatine du bouillon, elle constitue tout au plus un aliment respiratoire. D'après Robin elle passe de toutes pièces dans les urines.

De l'alimentation par le rectum. — M. Dujardin-Beaumetz a publié dernièrement sur ce sujet deux articles intéressants dans le *Bulletin de thérapeutique* (1). Chaque partie du tube digestif, par sa situation comme par ses sécrétions et ses dispositions anatomiques, a un rôle qui semble déterminé d'avance. Dans la cavité buccale vient se déverser la salive, dont le ferment, la diastase, commence déjà la saccharification de l'amidon. L'estomac en sécrétant le suc gastrique fournit l'acide chlorhydrique et la pepsine, le deuxième ferment que nous rencontrons dans les voies digestives et qui, en agissant dans un milieu acide, va convertir les substances albuminoïdes en d'autres appelées peptones.

Enfin le pancréas verse dans le duodénum le suc pancréatique qui renferme le troisième ferment, la pancréatine. Seul, ce suc peut suffire à la transformation de l'amidon et des féculents en sucre, à la peptoni-

(1) *Bulletin général de thérapeutique médicale et chirurgicale*, 15 et 30 janvier 1880.

sation des albuminoïdes et à l'émulsion des graisses. L'importance des ferments est telle que, sans leur concours, les fécules, les albuminoïdes et les graisses ne pourraient être absorbées (1). Ainsi travaillées, les diverses substances de notre alimentation sont préparées pour l'absorption, et c'est dans l'intestin grêle que les aliments, réduits en bouillie liquide, pénétreront dans la circulation sanguine et dans la circulation lymphatique ou chylifère. Cet intestin se trouve d'ailleurs merveilleusement disposé pour se prêter à l'absorption. Indépendamment d'un réseau vasculaire très riche, sa surface absorbante est considérablement accrue par de nombreux replis de sa muqueuse, constituant les valvules conniventes; et ces valvules, comme les interstices qui les séparent, sont couvertes d'innombrables villosités qui leur donnent un aspect velouté. Ainsi se trouvent multipliés les points de contact avec les substances destinées à l'absorption. Ces valvules et ces villosités, surtout fréquentes dans le duodénum et la première position de l'intestin grêle, deviennent ensuite moins nombreuses, pour manquer absolument à la région inférieure de cet organe. Aussi la valvule iléo-cœcale, barrière anatomique entre l'intestin grêle et le gros intestin, semble-t-elle en même temps indiquer une différence bien nette dans la nature de leurs fonctions. Si la muqueuse du gros intestin ne se prête point d'une façon spéciale à l'absorption, nous n'y rencontrons point non plus de ferment. Sa conformation et ses sécrétions ne paraissent la destiner, du moins chez l'homme, qu'à l'accumulation et au cheminement des matières excrémentitielles. Si donc elle peut absorber, et de fait elle absorbe, ce ne peut être que des matières qui ne demandent point de transformation préalable à l'absorption (2).

Examinons maintenant quelles sont les substances que l'on destine ordinairement à l'alimentation par le rectum. Le gros intestin peut absorber l'eau, les sels, le glucose (sucre résultant de l'action de la diastase ou du suc pancréatique sur les fécules ou sur le sucre de canne), l'alcool, substances qui peuvent plus ou moins stimuler l'organisme ou servir à la respiration. Mais nous avons surtout en vue ici les lavements nutritifs. Ils comprennent le vin, le lait, le bouillon, le jus de viande, le sang défibriné, et enfin les peptones. Voyons donc la valeur nutritive

(1) C'est à dessein que nous ne mentionnons point le rôle de la bile. On l'a fait intervenir aussi dans les rôles que nous attribuons aux ferments; mais, il faut le reconnaître, son influence sur la transformation des aliments est encore trop obscure pour que nous l'invoquions avec certitude.

(2) Ces vues sont pleinement confirmées par les expériences que l'on a pu faire chez l'homme dans le cas d'anus artificiel, et chez les animaux; du moins quand on opère sur la portion du gros intestin inférieure au cœcum.

de chacune de ces substances injectées isolément dans le rectum. Il sera facile d'en déduire la valeur des injections plus complexes.

1° *Le vin.* Il peut être absorbé en entier. Mais comme l'alcool en est le principe essentiel, on n'y a habituellement recours que lorsqu'il s'agit surtout de stimuler l'organisme. Quand l'alimentation rectale est devenue nécessaire, on s'adressera donc plus souvent à des liquides plus reconstituants.

2° *Le lait.* Le lait se compose d'eau, de caséine, d'albumine, de beurre, de sucre de lait et de sels. D'après ce qui précède, nous pouvons dire que l'eau, les sels, le sucre (?) seront seuls absorbés. Les autres principes, albumine, caséine, graisse (beurre), nécessitant l'intervention de ferments que l'on ne rencontre point dans le rectum, ne passeront point dans la circulation, et le lait ainsi injecté ne sera point nutritif.

3° *Le bouillon.* Ce que nous en avons dit dans le paragraphe précédent nous empêche de le considérer comme vraiment nutritif, comme capable de soutenir l'organisme quand on y a recours isolément. Nous n'en parlerons donc point davantage.

4° *Le jus de viande, le blanc d'œuf, le sang défibriné* ne seront point absorbés, du moins dans leurs principes essentiels et pour le même motif que le lait.

5° *Les peptones* sont des substances albuminoïdes qui ont été transformées par les ferments, et qui sont toutes préparées pour l'absorption. Elles fournissent les principes essentiels de nos tissus, et les préparations dans lesquelles elles entrent et où elles rencontrent les éléments secondaires sont des aliments complets. L'expérience prouve d'ailleurs qu'elles suffisent à l'entretien de la vie, même quand elles sont injectées dans le rectum. On en peut d'autant moins douter que les observations auxquelles je fais allusion ont été soumises au triple contrôle de la recherche de la température, du poids du sujet et de la perte d'urée (1). En dehors de ce contrôle, il convient de n'accepter qu'avec réserve les résultats publiés jusqu'ici. Ainsi nous savons que dans certains cas d'hystérie, une minime quantité d'aliments n'est pas incompatible avec l'entretien de la vie. On ne pourra donc arguer de ces faits en faveur d'une préparation donnée. Mais si, chez l'hystérique, la quantité d'urée, jusque-là inférieure à la normale, s'élève en même temps que le poids, nous aurons la certitude d'un profit réalisé par l'organisme grâce à cette préparation.

Voici quelques exemples à l'appui de la valeur nutritive des peptones. Un malade du docteur Daremberg était atteint d'un cancer de l'œso-

(1) L'urée est l'aboutissant des transformations des substances albuminoïdes. Elle représente l'usure de ces substances et peut donner par conséquent la mesure de leur emploi.

phage qui ne permettait le passage d'aucun aliment. Il ne perdait plus que 4 grammes d'urée par jour,et sa température était inférieure à la normale. Sous l'influence de lavements peptonisés, il reprit des forces et de l'embonpoint ; et la quantité d'urée varia de 15 à 20 grammes en 24 heures. Il vécut encore 14 mois et ne s'éteignit que par les progrès de la cachexie cancéreuse.

Chez un autre malade,atteint d'une pharyngite ulcéreuse rendant toute alimentation impossible par la voie stomacale, le docteur Daremberg vit augmenter le poids et la température, et de 9 grammes l'urée s'éleva à 17 grammes.

M. Catillon soumit un chien de 10 kilogrammes à l'alimentation rectale. Il lui donna chaque jour pour toute nourriture deux lavements composés chacun de trois œufs additionnés de 6 grammes de pepsine liquide à la glycérine. Au bout de 37 jours, l'animal avait conservé sa température et presque le même poids. On cessa de lui donner de la pepsine, et en 15 jours, il perdit $2^k,750$, et sa température baissa de 2 degrés. Trois lavements de 100 grammes de sang composèrent alors son alimentation, et il ne tarda pas à succomber. Ces résultats ont leur éloquence, et ils justifient assez les théories énoncées plus haut, pour qu'il soit inutile de nous y arrêter plus longtemps.

De la préparation des peptones (1). — On distingue la peptone de viande, la peptone de fibrine, la peptone d'albumine ou de blanc d'œuf, la peptone de caséine ou peptone de lait. La première est de beaucoup la plus importante ; la deuxième est sans intérêt au point de vue thérapeutique. Le blanc d'œuf est d'un rendement faible, sans compter qu'il est d'un prix élevé et que sa valeur nutritive ne peut être comparée à celle de la viande. Enfin la peptone de lait est très difficile à préparer ; elle est désagréable à prendre, et elle peut être remplacée avantageusement, même chez l'enfant, par la peptone de viande, puisque celle-ci, pas plus que l'autre, ne demande de travail digestif. Nous ne nous arrêterons donc qu'à la préparation de la peptone de viande. Les autres se préparent d'ailleurs d'après le même procédé.

M. Catillon prend 1 kilogramme de viande maigre et finement hachée, et le laisse digérer 12 heures à la température de 45° C, avec 5 litres d'eau acidifiée par 20 grammes d'acide chlorhydrique pur à 22° Baumé, et contenant 35 grammes de pepsine extractive en pâte. Après 12 heures de digestion, on filtre pour séparer les parties insolubles, et le liquide filtré ne doit point devenir trouble par l'ébullition ni

(1) *Bulletin de thérapeutique médicale et chirurgicale*, 15 février et 29 février 1880.

par l'acide nitrique. Ces deux réactions permettent de distinguer les peptones d'avec les albuminoïdes. On sature alors le liquide par le bicarbonate de soude pour lui enlever sa réaction acide, et on l'évapore au bain-marie jusqu'à consistance sirupeuse. Il doit marquer à froid 19 degrés à l'aréomètre Baumé, et il contient alors environ la moitié de son poids de peptones solides.

On doit préferer les peptones préparées par la pepsine à celles que l'on prépare par la pancréatine ; car ces dernières ont une odeur et une saveur désagréables.

Une quantité de viande ou de substances azotées étant donnée, quelle est la quantité correspondante de peptones ? Puisque l'urée représente le dernier degré de combustion des albuminoïdes, c'est en déterminant la quantité de cette substance après l'alimentation normale et après l'ingestion des peptones, que nous parviendrons à résoudre le problème. Les expériences qu'il a faites sur lui-même ont amené M. Catillon à considérer 8 cuillerées ou 160 grammes de solution saturée comme représentant la moyenne d'une alimentation azotée dans les 24 heures (1). Ses expériences nous paraissent assez concluantes pour mériter d'être rapportées.

Au bout de trois jours d'une alimentation normale, consistant en 350 grammes de pain, 300 grammes de viande, 350 grammes de pommes de terre et 30 grammes de graisse, il obtient une moyenne de 23gr,75 d'urée par 24 heures. Il supprime alors la viande, l'urée va diminuant progressivement pour tomber le troisième jour au chiffre de 15gr,60. L'expérimentateur se sent alors fatigué et affamé.

Il modifie encore son régime, en substituant dans son alimentation normale les peptones à la viande.

120 grammes	de peptones	lui donnent	18,63	d'urée.
160	»	»	21,84	»
180	»	»	23,80	»
240	»	»	30,95	»
180	»	»	27,79	»
160	»	»	24,30	»
160	»	»	23,52	»
120	»	»	18,94	»

Il est bien évident, d'après ce tableau, que les variations de l'urée correspondent aux variations dans les quantités de peptones, avec

(1) La solution saturée représente 3 fois son poids de viande.

cette remarque toutefois que l'excrétion d'un jour est influencée en même temps par la quantité de peptones prise la veille.

Sous l'influence du régime maigre, le poids avait baissé de 500 grammes. L'ingestion des peptones l'a fait remonter de 900 grammes.

Cessant alors de prendre les peptones par la bouche, il les absorbe en lavements, et nous trouvons encore ici la même concordance dans les résultats.

Il supprime les peptones et, en trois jours, il perd 455 grammes de son poids et l'urée tombe au chiffre de 15gr,89.

Enfin il reprend son alimentation normale, et la perte d'urée aussi redevient normale.

L'état des forces dans ces expériences subissait les mêmes variations que la perte d'urée et le poids de l'individu.

Nous avons cité plus haut une expérience de M. Catillon, dans laquelle il démontrait l'influence nutritive des lavements composés d'œufs peptonisés par la pepsine à la glycérine. Il répéta cette expérience avec le même succès en recourant à la peptone de viande.

Par la bouche, la solution de peptones se prend pure, ou dans du bouillon ou dans un sirop amer.

Si on l'introduit par la voie rectale, on l'étend de quelques parties d'eau et on ajoute au lavement quelques gouttes de laudanum.

De l'influence du tabac sur la grossesse, et la lactation. — Nous n'avons point de chiffres précis à citer, car les statistiques sont très difficiles à établir. L'influence du tabac se trouve en effet compliquée de la question de l'hygiène et de la moralité propres à la classe ouvrière. La part qui revient à chacune de ces influences dans les accidents que l'on attribue au tabac n'est pas encore déterminée. Les avis sont d'ailleurs partagés. Certains médecins prétendent que les ouvrières qui travaillent le tabac perdent de leurs forces, deviennent sujettes aux fausses couches, et ont un lait inférieur en quantité et en qualité à celui des autres femmes. Leurs enfants, nés chétifs, mourraient souvent dans la première année, victimes de la profession maternelle. Pour d'autres observateurs il n'en serait point ainsi, et non seulement ils innocentent le tabac de la plupart de ces accusations, mais ils trouvent en lui un préservatif contre les affections épidémiques. Certes, comme nous le disions plus haut, la question est difficile à trancher et, sans nous en rapporter aux opinions non motivées de certains médecins, nous citerons quelques faits. Une accoucheuse, comptant dans sa clientèle des ouvrières employées à une manufacture de tabac, a constaté que trois d'entre elles qui n'avaient eu que des fausses couches tandis qu'elles fréquentaient l'atelier, accouchèrent à terme quand elles l'eurent abandonné.

Les enfants allaités par leurs mères dépérissent souvent vers l'âge de 2 à 4 mois, c'est-à-dire, quand la lactation a subi l'influence de l'atelier. Ils ont beaucoup plus de chances de rester bien portants, si leurs nourrices abandonnent définitivement leur travail ou même s'ils sont élevés au biberon. Enfin, sur cent cas de grossesse recueillis par le Dr Jacquemart, chez des ouvrières employées à la fabrication du tabac, il y eut 45 avortements ou accouchements prématurés, et 15 enfants moururent quelques heures ou quelques jours après leur naissance. Ailleurs le Dr Jacquemart remarqua que les enfants nourris par ces ouvrières présentaient une mortalité supérieure de 10 pour cent à celle même des enfants élevés au biberon. Ces résultats sont loin d'être en faveur du tabac. Mais sont-ils propres aux ouvrières de cette industrie ! M. Brouardel ne le pense pas. D'après lui, celles qui manient le plomb ne seraient pas plus favorisées. Quoi qu'il en soit, l'étude comparative des méfaits attribuables aux diverses branches de l'industrie est encore à faire, et en l'attendant, l'influence du tabac doit être sérieusement observée.

Nous n'avons point parlé des femmes qui fument le tabac. C'est parce qu'elles ne paraissent pas soumises aux mêmes accidents que celles qui le travaillent (1).

Dr Dumont.

(1) Compte rendu des séances de la *Société de médecine publique et d'hygiène professionnelle*, 24 décembre 1879, 25 février 1880.

TABLE DES MATIÈRES

DU

SEPTIÈME VOLUME.

LIVRAISON DE JANVIER 1880.

LES MOUVEMENTS MOLÉCULAIRES, par le **R. P. Thirion**, S. J. . 5

ENCORE LE BATHYBIUS, par **M. A. de Lapparent**, professeur de géologie à l'Université catholique de Paris 56

CLAUDE BERNARD, SES DÉCOUVERTES ET SES THÉORIES, par le **R. P. Hahn**, S. J. 71

LES ÉTAPES DU RÈGNE VÉGÉTAL.— DEUXIÈME ARTICLE, par **Jean d'Estienne**. 113

L'AVEUGLEMENT SCIENTIFIQUE. — HUITIÈME ARTICLE. LA DIFFÉRENCE ESSENTIELLE ENTRE L'HOMME ET LES ANIMAUX, par le **R. P. Carbonnelle**, S. J. 193

LA TEMPÉRATURE DU SOLEIL, par **M. Aimé Witz**, professeur à l'Université catholique de Lille 229

BIBLIOGRAPHIE. — I. A. Wolynski, Nuovi documenti, etc. — H. Grisar, S. J., Die römischen Congregationsdecrete, etc. — R. Wolf, Geschichte der Astronomie, etc.— E. Wohlwill, Der original Wortlaut, etc. **M. Ph. Gilbert** 255

II. Manuel biblique, par F. Vigouroux, **M. Emm. Cosquin**. 276

III. Guide du forestier, par A. Bouquet de la Grye, **M. Ch. de Kirwan** 291

IV. Système silurien du centre de la Bohême, par J. Barrande, **M. Ch. de la Vallée Poussin** 297

V. Les splendeurs de la foi, par l'abbé Moigno 303

REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

PHYSIQUE, par le **R. P. Van Tricht**, S. J. 305

BOTANIQUE, par **M. Ch. Flahault**. 320

ANTHROPOLOGIE, par **M. Adrien Arcelin** 323

SCIENCES AGRICOLES, par **M. A. Proost**. 335

GÉOGRAPHIE, par **L. D.** 339

HYGIÈNE, par le **Dr Dumont** 345

LIVRAISON D'AVRIL 1880.

LE CLIMAT DE LA SCANDINAVIE, DANS SES RAPPORTS AVEC LA VÉGÉTATION, par **M. Ch. Flahault** 353

LE COUVERT ET LA COUVERTURE DU SOL FORESTIER, par **M. Ch. de Kirwan** 393

CLAUDE BERNARD, SES DÉCOUVERTES ET SES THÉORIES, (fin), par le **R. P. Hahn**, S. J 443

L'ÉCORCE GRISE DU CERVEAU, par le **Dr Cuylits**. 495

LES SATELLITES DE MARS, par le **R. P. Dom Lamey** O. S. B. 519

UN DISCOURS DE LÉON XIII 536

BIBLIOGRAPHIE. — I. Le pays de Bray, par A. de Lapparent, **M. Ch. de la Vallée Poussin** 548

II. Les volcans et les tremblements de terre, par K. Fuchs, **J. d'E** 554

III. Annuaire du Bureau des longitudes pour 1880 . . . 562

IV. Un jugement de M. A. Winnecke sur l'ouvrage *Les Étoiles* du P. A. Secchi. **R. P. Ferrari**, S. J. 568

V. Les études naturelles et la Bible, par Carl Güttler. **M. l'abbé de Foville** 582

VI. Distribution géographique des mousses de France, par M. l'abbé Boulay. **M. Ch. Flahault** 598

REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

ANTHROPOLOGIE, par **M. Adrien Arcelin**. 605

ASTRONOMIE, par le **R. P. Thirion**, S. J. 633

THÉRAPEUTIQUE, par le **Dr Mœller** 643

GÉNIE CIVIL, par **M. Ch. Lagasse** 652

PHYSIOLOGIE, par **G. H.** 661

GÉOGRAPHIE, par **L. D.** 681

HYGIÈNE, par le **Dr Dumont** 687

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath. c. IV.

Tome VII

QUATRIÈME ANNÉE. — PREMIÈRE LIVRAISON

JANVIER 1880

BRUXELLES
A. VROMANT, IMP.-ÉDITEUR
rue de la Chapelle, 3.

PARIS
LIBRAIRIE
DE LA SOCIÉTÉ BIBLIOGRAPHIQUE
35, *rue de Grenelle.*

1880

LIVRAISON DE JANVIER 1880.

I. — LES MOUVEMENTS MOLÉCULAIRES, par le **R. P. Thirion**, S. J.

II. — ENCORE LE BATHYBIUS, par **M. A. de Lapparent,** vice-doyen de la Faculté des sciences à l'Université catholique de Paris.

III. — CLAUDE BERNARD, SES DÉCOUVERTES ET SES THÉORIES, par le **R. P. Hahn,** S. J.

IV. — LES ÉTAPES DU RÈGNE VÉGÉTAL, DEUXIÈME ARTICLE, par **Jean d'Estienne.**

V. — L'AVEUGLEMENT SCIENTIFIQUE. — HUITIÈME ARTICLE. LA DIFFÉRENCE ESSENTIELLE ENTRE L'HOMME ET LES ANIMAUX, par le **R. P. Carbonnelle,** S. J.

VI. — LA TEMPÉRATURE DU SOLEIL, par **M. Aimé Witz,** professeur à l'Université catholique de Lille.

VII. — BIBLIOGRAPHIE. — I. A. Wolynski, Nuovi documenti, etc. — H. Grisar, S. J., Die römischen Congregatíonsdecrete, etc. — R Wolf, Geschichte der Astronomie, etc. — E. Wohlwill, Der original Wortlaut, etc. **M. Ph. Gilbert.** — II. Manuel biblique, par F. Vigouroux, **M. Em. Cosquin.** — III. Guide du forestier, par A. Bouquet de la Grye. **M. Ch. de Kirwan.** — IV. J. Barrande. Système silurien du centre de la Bohême. **M. Ch. de la Vallée Poussin.** — Les splendeurs de la foi, par l'abbé Moigno.

VIII. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Physique, par le **R. P. Van Tricht,** S. J. — Botanique, par **M. Ch. Flahault.** — Anthropologie, par **M. Adrien Arcelin.** — Sciences agricoles, par **M. A. Proost.** — Géographie, par **L. D.** — Hygiène, par le **Dr Dumont.**

AVIS IMPORTANT

Les abonnés étrangers à la Belgique qui n'ont pas encore payé leur abonnement pour 1880, sont priés d'envoyer un mandat-poste au Secrétaire de la Société scientifique, 21, rue des Ursulines, Bruxelles.

A ceux qui témoigneraient par leur silence qu'ils préfèrent un autre mode de recouvrement, nous ferons présenter une quittance augmentée de 2 francs pour frais de banque.

ANNALES

DE LA

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

DE BRUXELLES

Les trois premières années sont publiées. Chaque année se vend séparément, prix : 20 francs. — S'adresser au Secrétariat de la Société scientifique, 21, rue des Ursulines, Bruxelles.

Ces volumes ont été envoyés sans frais à tous les membres qui ont versé leur cotisation annuelle. Les nouveaux membres peuvent se les procurer au prix de 15 francs.

CONDITIONS D'ABONNEMENT.

La *Revue des Questions scientifiques* paraît tous les trois mois, à partir de janvier 1877, par livraisons de 350 pages environ ; elle forme chaque année deux forts volumes in-8°.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs par an, pour tous les pays de l'Union postale. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de 25 pour cent.

On peut encore se procurer, au prix d'abonnement, les années 1877, 1878 et 1879.

ON S'ABONNE :

A Bruxelles

Au Secrétariat de la Société, 21, rue des Ursulines ;

Chez J. Albanel, libraire-éditeur, 29, rue des Paroissiens ;

Chez A. Vromant, imp.-édit., 3, rue de la Chapelle.

A Paris

A la librairie de la Société bibliographique, 35, rue de Grenelle.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath. c. IV.

QUATRIÈME ANNÉE. — DEUXIÈME LIVRAISON

AVRIL 1880

BRUXELLES
A. VROMANT, IMP.-ÉDITEUR
rue de la Chapelle, 3.

PARIS
LIBRAIRIE
DE LA SOCIÉTÉ BIBLIOGRAPHIQUE
35, *rue de Grenelle.*

1880

LIVRAISON D'AVRIL 1880.

—

I. — LE CLIMAT DE LA SCANDINAVIE, DANS SES RAPPORTS AVEC LA VÉGÉTATION, par **M. Ch. Flahault.**

II. — LE COUVERT ET LA COUVERTURE DU SOL FORESTIER, par **M. Ch. de Kirwan.**

III. — CLAUDE BERNARD, SES DÉCOUVERTES ET SES THÉORIES, (fin) par le **R. P. Hahn,** S. J.

IV. — L'ÉCORCE GRISE DU CERVEAU, par le **Dr Cuylits.**

V. — LES SATELLITES DE MARS, par le **R. P. Dom Lamey,** O. S. B.

VI. — UN DISCOURS DE LÉON XIII.

VII. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Le pays de Bray, par A. de Lapparent, **M. Ch. de la Vallée Poussin.** — II. Les volcans et les tremblements de terre, par K. Fuchs, **J. d'E.** — III. Annuaire du Bureau des longitudes pour 1880. — IV. Un jugement de M. A. Winnecke sur l'ouvrage *Les Étoiles* du P. A. Secchi, **R. P. Ferrari,** S. J. — V. Les études naturelles et la Bible, par Carl Güttler, **M. l'abbé de Foville.** — VI. Distribution géographique des mousses de France, par M. l'abbé Boulay, **M. Ch. Flahault.**

VIII. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Anthropologie, par **M. Adrien Arcelin.** — Astronomie, par le **R. P. Thirion,** S. J. — Thérapeutique par le **Dr Mœller.** — Génie civil, par **M. Ch. Lagasse.** — Physiologie, par **G. H.** — Géographie, par **L. D.** — Hygiène, par le **Dr Dumont.**

AVIS IMPORTANT

Les abonnés étrangers à la Belgique qui n'ont pas encore payé leur abonnement pour 1880, sont priés d'envoyer un mandat-poste au Secrétaire de la Société scientifique, 21, rue des Ursulines, Bruxelles.

A ceux qui témoigneraient par leur silence qu'ils préfèrent un autre mode de recouvrement, nous ferons présenter une quittance augmentée de 2 francs pour frais de banque.

ANNALES

DE LA

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

DE BRUXELLES

Les trois premières années sont publiées. Chaque année se vend séparément, prix : 20 francs. — S'adresser au Secrétariat de la Société scientifique, 21, rue des Ursulines, Bruxelles.

Ces volumes ont été envoyés sans frais à tous les membres qui ont versé leur cotisation annuelle. Les nouveaux membres peuvent se les procurer au prix de 15 francs.

La quatrième année est sous presse.

CONDITIONS D'ABONNEMENT.

La *Revue des Questions scientifiques* paraît tous les trois mois, à partir de janvier 1877, par livraisons de 350 pages environ ; elle forme chaque année deux forts volumes in-8°.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs par an, pour tous les pays de l'Union postale. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de 25 pour cent.

On peut encore se procurer, au prix d'abonnement, les années 1877, 1878 et 1879.

ON S'ABONNE :

A Bruxelles

Au Secrétariat de la Société, 21, rue des Ursulines ;

Chez J. Albanel, libraire-éditeur, 29, rue des Paroissiens ;

Chez A. Vromant, imp.-édit., 3, rue de la Chapelle.

A Paris

A la librairie de la Société bibliographique, 35, rue de Grenelle.

xelles

AMNH LIBRARY
100226207